تجارب مسلية فى الكيمياء

أ. أولغين

تجارب مسلية فى الكيمياء

ترجمة

الدكتور عيسى مسوح

ИЗДАТЕЛЬСТВО МИР

دار «مير» موسكو

О. Ольгин

ОПЫТЫ БЕЗ ВЗРЫВОВ

Москва «Химия»

النص الروسى منقح ومزيد خصيصا للترجمة الى اللغة العربية

На арабском языке

ISBN 5-03-000142-5

المقدمة

يتضمن هذا الكتاب تجارب كيميائية كثيرة تختلف فى موضوعها ودرجة تعقيدها ، فمنها البسيطة جدا المخصصة للمبتدئين ، ومنها الصعبة والمحيرة التى انتقيت لتتفق مع اهتمامات الكيميائى الفتى الذى قطع مرحلة معينة فى دراسة الكيمياء . وأرجو ألا ينزعج القارئ من هذا التنويع للتجارب . فكلما كان الاختيار واسعا سهل انتقاء التجربة الملائمة سواء من حيث المقدرة أو الميول . ولا حاجة أبدا الى قراءة هذا الكتاب من أوله الى آخره ، بل يكفى أن يتفحصه التلميذ ويختار منه التجربة التى تهمه ، ولا بأس هنا من استشارة أستاذ الكيمياء (فنصيحته مفيدة دوما) ومن ثم الشروع فى العمل .

ومن الأفضل دائما أن تجرى التجارب الكيميائية (بما فيها التجارب المعروضة فى هذا الكتاب) فى مخبر الكيمياء فى المدرسة ، ليس فقط لأن المخبر هو المكان الأمين الوحيد (فالتجارب المنزلية لن تسبب أية اخطار اذا أجريت بدقة واتقان) بل لأن وجود الاستاذ قريبا يقوى الثقة بالنفس ، ففى كل لحظة يمكن اللجوء اليه للمساعدة على تفسير ما يحدث من ظواهر فيزيائية وتفاعلات كيميائية وتقديم الارشادات والنصائح حول اجراء التجارب على أفضل وأبسط وجه .

ولكن مخبر الكيمياء ، مع الأسف ، ليس مفتوحا طيلة

الوقت للتلاميذ كى يقوموا فيه بالتجارب على انفراد . فلا بأس من ذلك ، ولا يجوز أن يشكل هذا الوضع عائقا أمام طموح التلميذ نحو التزود بالمعارف الكيميائية . فالعديد من التجارب يمكن اجراؤه فى مخبر متواضع بسيط فى المنزل . وسنتحدث فى الباب الأول عن كيفية اعداد وتجهيز مثل هذا المخبر .

ونرجو جميع القراء ، بلا استثناء ، أن يقرأوا هذا الباب بامعان ليس فقط لقناعتنا بأن كل قارئ سيجد فيه شيئا ما جديدا ومفيدا لنفسه ، وانما الغاية من ذلك هى التأكيد على أنه من غير المضر أبدا أن يتذكر التلميذ مرة أخرى كيف يمكن جعل التجارب أمينة وسهلة . واذا كنت تقوم باجراء التجارب لأول مرة ، فما عليك الا أن تقرأ بامعان وتنفذ بدقة جميع النصائح والارشادات الواردة فى هذا الباب .

والولع بعلم الكيمياء يبدأ عادة بالتجارب . وليس من قبيل الصدفة أن جميع الكيميائيين المشهورين تقريبا أحبوا منذ الطفولة اختبار المواد واجراء التجارب عليها . ولكن بعض الكيميائيين الناشئين يرى ، لسبب ما ، أن التجارب الحقيقية هى التى تحدث فرقعة وانفجارات ويرافقها لمعان وبريق وينتشر حولها ضباب ودخان كثيف وتفوح منها رائحة كريهة . وأؤكد لكم بأن هذا الرأى غير صحيح أبدا . فثمة العديد من التجارب الممتعة جدا لا تشكل خطرا ولا يوافقها أى شئ من هذا القبيل ولكنها لا تقل جمالا ومنفعة عن غيرها . واذا كان والداك قلقين من عزمك على القيام بتجارب كيميائية فاسمح لهما بقراءة العبارة التالية :

اذا اتبعت نصائحنا وارشاداتنا عند اجراء التجارب الواردة

فى هذا الكتاب فالأمان سيكون حليفك دوما ولن يحدث أى خطر من ذلك أبدا .

وأكرر مرة أخرى أن أفضل مكان لاجراء التجارب الكيميائية هو المخبر وليس البيت . والأكثر من ذلك أن بعض التجارب (وسنشير اليها فى حينه) لا يجوز اجراؤه الا فى مخبر الكيمياء ليس فقط لكونها معقدة جدا ، وانما لعدم توفر الأجهزة والكواشف اللازمة فى البيت .

ولكن عندما تصلح التجربة لاجرائها فى مخبر المنزل فسنحاول قدر الامكان الاكتفاء بما هو متوفر لدينا من وسائل وأجهزة واستعمال المواد التى يمكن شراؤها فى الصيدلية أو فى مخزن بيع الأدوات المنزلية . وأشير الى أن بعض التجارب فى هذا الكتاب بسيطة جدا لدرجة ان محبى الكيمياء من الفتيان الذين لم يبدأوا بعد دراسة هذا العلم الشيق فى المدرسة قادرون على اجرائها بكل بساطة .

وانطلاقا من أن تجاربنا هذه سيقوم بها تلاميذ ذوو تجربة متباينة ومن سنوات مختلفة فاننا لم نقم ، كما هو متبع عادة فى الكتب المدرسية ، بكتابة معادلات التفاعلات فى كل حالة بل اكتفينا فقط بذكر المواد التى تنتج من هذا التفاعل أو ذلك . وهذا يجعل قراءة النص سهلة للذين لا يزالون يعتبرون المعادلات الكيميائية المعقدة لغزا محيرا لا يمكن حله . اما اذا اهتم تلاميذ المرحلة الثانوية بالمعادلة الكيميائية الدقيقة للتفاعل ، فبامكانهم أن يجدوها دوما فى كتاب الكيمياء والمراجع الكيميائية الأخرى . ولتسهيل البحث عن ذلك قمنا من حين الى آخر بكتابة صيغ المواد الأصلية والناتجة أثناء سير التفاعل .

الباب الاول

مخبر كيميائى فى المنزل

أرجوك رجاء حارا أن تقرأ هذا الباب حتى ولو كنت تنوى اجراء التجارب فى المدرسة وليس فى البيت . ففيه ، أولا ، قد تستفيد من بعض النصائح البسيطة حول استخدام الوسائل والأدوات اللازمة للتجربة . وثانيا ، وهذا هو الأهم ، فاننا سنبدأ هذا الباب بالتحذيرات والتوصيات التى لا بد أن يعرفها جميع الكيميائيين الفتيان مهما كانت خبرتهم عريقة فى هذا المجال ، وأينما أرادوا اجراء التجارب سواء فى المدرسة أو البيت .

واليك فيما يلى سبعة شروط الزامية :

الشرط الأول والهام : يجب اتباع توصياتنا وتعليماتنا بدقة تامة .

فأنت تعلم ، طبعا ، أن التفاعل الكيميائى الواحد يمكن أن يجرى بأشكال مختلفة عند تغير شروط التجربة ، وهذا ما يحدث ، مثلا ، عندما تزداد درجة الحرارة أو تضاف مادة ما الى وسط التفاعل ، أو عندما تضاف المواد بترتيب غير الترتيب المشار اليه فى التجربة . وأنا أحذرك من فعل ذلك ، فليس هناك أى ضمان بأن التفاعل سيجرى كما هو مطلوب . واذا لم تصدق ذلك فاليك مثال بسيط يؤكد صحة هذا القول .

لعلك تعرف أن تحديد (تخفيف) حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) يتم بسكبه ببطء وعلى دفعات صغيرة فى الماء مع تحريك المحلول بحذر (وأرجو أن تتذكر هذه القاعدة دوما) .

ولكن يبدو لأول وهلة أنه لا فرق أبدا فى أن تضاف هذه المادة على تلك أو العكس . فلماذا اذن لا تسكب الماء على الحمض ؟ أحذرك بألا تفعل ذلك أبدا ! فلكل قاعدة كيميائية مغزاها العميق ، ولا أظن بأن العلماء يضعون القواعد ويقدمون النصائح لمجرد الكلام فقط وبدون أى سبب كان . فما هو السر اذن فى ضرورة سكب حمض الكبريت على الماء وليس العكس ؟

عند مزج حمض الكبريت مع الماء تنطلق كمية كبيرة من الحرارة . وباعتبار أن الحمض أثقل بكثير من الماء ، لذا فانه يهبط فورا الى الأسفل عندما يسكب على دفعات صغيرة فى وعاء يحوى الماء ويصبح الحد الفاصل الذى تنتشر عنده الحرارة تحت الماء . وعندئذ يسخن المزيج تدريجيا وبالتساوى وكأنه يسخن على سخانة كهربائية . أما عندما يسكب الماء الخفيف على الحمض الثقيل ، فانه ، أى الماء ، ينساب على سطح الحمض مشكلا طبقة رقيقة فيسخن فورا من الحرارة المنطلقة ويتحول الى بخار (وكأن الماء سقط على مقلاة حامية) . ويحمل البخار معه رذاذا من الحمض ، يؤذى العينين ويسبب حروقا اذا ما سقط على الجسم والألبسة . وهذه هى نتيجة عدم اتباع القاعدة الكيميائية البسيطة .

فأرجوك أن تتبع تعليماتنا فى هذه الحالة وفى جميع الحالات الأخرى .

الشرط الثانى : لا تحاول أبدا أن تمزج مادتين لمجرد معرفة ومراقبة ماذا سيحدث نتيجة لذلك . فالنهاية قد تكون سيئة أحيانا .

والأمر يختلف تماما اذا كنت قد درست التفاعل بين هاتين المادتين فى المدرسة وتعرف المواد الناتجة منه وكنت على يقين تام بأنه تفاعل غير خطر أبدا . وحتى ولو كنت على علم بكل ذلك ، فيجب أن تأخذ أقل كمية ضرورية من كل مادة ، أى عدة غرامات أو حتى عدة أجزاء من الغرام فقط . فهذه الكمية تكفى لمراقبة سير التفاعل . واذا كان الهدف هو الحصول على كمية معينة من المادة الناتجة فمن الضرورى أولا اجراء تجربة تمهيدية للتعرف على تفصيلات التفاعل .

الشرط الثالث : لا تستعمل اوانى المطبخ لاجراء التجارب . فتجاربك تحتاج الى أوان خاصة بها . ولا يجوز أبدا أن تتذوق المواد (اذا لم يذكر مباشرة وبوضوح فى نص التجربة بأن المادة الناتجة يمكن تذوقها) .

الشرط الرابع : احفظ الكواشف فى زجاجات خاصة والصق عليها بطاقة تحمل اسم الكاشف الموجود فى داخلها . واذا لم تعد بحاجة الى المادة الناتجة فلا ضرورة للاحتفاظ بها ومن الأفضل التخلص منها وطرحها جانبا .

الشرط الخامس : لا يجوز أن تترك الأوانى وسخة . فاحيانا يصعب تنظيفها بعد ذلك وتضطر الى رميها فى سلة القاذورات وهو أمر يؤسف له . هذا من جهة ، ومن جهة أخرى ، فان بعض المواد يتأكسد فى الهواء ويستمر التفاعل بينها الى ما بعد الانتهاء من التجربة وتتكون فى النهاية مواد غير المواد التى كنا نتوقع الحصول عليها . وبالاحرى يجب تنظيف الأوانى جيدا فور الانتهاء من التجربة .

وعلى كل حال ، فالنظافة تجعل العمل أمتع وألذ وتجذب

نحوه اهتمام الكبار وبوجه عام ، فان الكيميائى المجرب لا يحقق نجاحا الا عندما يعمل بدقة واتقان .

الشرط السادس : يمنع منعا باتا مسك الكواشف باليدين ، والانحناء فوق القارورة التى يجرى فيها التفاعل ، وشم المواد ذات الرائحة الواخزة . يجب حماية العينين ، قبل كل شيء ، والجسم واللباس من الرذاذ والحبيبات التى قد تتطاير أثناء التفاعل : وبعبارة مختصرة : يجب أن تكون حذرا دوما !

وأخيرا **الشرط السابع** الذى يجب عليك تنفيذه اذا أردت أن تصبح كيميائيا بكل معنى الكلمة : لا تبدأ بالعمل الا بعد أن تقرأ بامعان شروط التجربة من أولها الى آخرها وتتعرف على جميع خطواتها . سجل فى دفترك كل شيء تحتاجه من أوان وكواشف وحوامل ومماسك وما شابه ذلك ، حتى أن المنشفة يجب تسجيلها أيضا . رتب جميع الاشياء على طاولة العمل بحيث يسهل الوصول اليها . وبعد انجاز كل ذلك يمكنك الشروع فى العمل .

ولعلك لا تدرك مدى أهمية هذا الشرط الأخير . فعدم تنفيذه لن يجلب لك سوى البلبلة والارتباك والفشل فى نهاية الأمر . تصور أنك بدأت التجربة دون اعداد لها وحالما فتحت الكتاب . واذا فيه تقرأ العبارة التالية : «اسكب فى القارورة محلولا من حمض الخل (الخليك) المخفف ثم الق فيه قطعة من كبريتيت الصوديوم ملفوفة بورقة ترشيح» ، لنفرض أنك قمت بذلك بسهولة (الا اذا قلبت القارورة الحاوية على الحمض عند بحثك عن ورقة الترشيح) . وها هو التفاعل قد بدأ . وبدأ الغاز تنطلق من القارورة . وفى هذا الوقت تتابع أنت قراءة

المرحلة التالية من التجربة : « اغلق القارورة بسدادة مزودة بانبوبة توصيل واترك الغاز يمر خلال محلول من برمنجنات البوتاسيوم » . كن على يقين بأن التفاعل فى القارورة سينتهى وأنت ما تزال تفتش عن السدادة وتختار لها انبوبة التوصيل المناسبة . وستضطر الى اعادة التجربة مرة أخرى . فهل كان من الصعب عليك أن تقرأ التجربة مسبقا وتعد لها كل ما يلزم ؟

واذا كانت معرفتك بالكيمياء ليست سيئة كان من المفيد جدا لتنفيذ هذا الشرط أن تسجل معادلات التفاعلات التى تجرى أثناء التجربة . عندئذ تصبح جميع خطواتك أكثر وضوحا ، ويمكنك أن تغير الى حد ما شروط التجربة وتوسع اطارها . ولكن ، أكرر القول هنا بأنه لا يجوز القيام بذلك الا عندما تتوفر لديك القناعة التامة بأن التجربة ستجرى كما هو متوقع لها .

وننصح جميع الكيميائيين الفتيان ، مهما كانت خبرتهم جيدة فى مجال الكيمياء ، بأن يخصصوا دفترا للمخبر يسجلون فيه خطة العمل وقائمة بالكواشف والأجهزة اللازمة ويذكرون بالتفصيل شروط التجربة ومعادلات التفاعلات والكميات اللازمة من المواد المتفاعلة وبعدها تسجل فيه الملاحظات والنتائج التى تم الحصول عليها .

ولأخذ فكرة أوضح عن كيفية تنظيم دفتر المخبر نورد فيما يلى مثالا على ذلك . ولا أطلب منك أن تأخذ هذا المثال كنموذج يجب اتباعه بحذافيره ولكننى أعرضه أمامك للاطلاع فقط . وما عليك الا أن تنظم دفترك كما تراه مريحا وملائما لك .

٢٨ فبراير (شباط) عام ١٩٨٦

التجربة رقم ١٣

هدف التجربة : دراسة تفاعل محلول بيكربونات الصوديوم بواسطة حمض الخليك فى وجود دليل ما .

المصدر : « تجارب مسلية فى الكيمياء » ، دار « مير » .

معادلة التفاعل :

$$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CR_3COONa + H_2O + CO_2$$

المواد اللازمة : ١ – بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ (صودا الخبز)

٢ – محلول حمض الخليك CH_3COOH (خل المائدة)

٣ – الدليل . فنولفتالين يباع فى الصيدلية

الأدوات : كأس زجاجى ، ماصة .

سير التجربة والمشاهدة : يذاب في ١٠٠ سم^٣ من الماء نصف ملعقة شاى من بيكربونات الصوديوم ويضاف اليها ربع حبة تقريبا من الفنولفتالين بعد سحقها وتحويلها الى ناعم ...

النتائج :

واذا كانت ملاحظاتك دقيقة ونتائجك صحيحة ، فهذا يعنى أنك لم تنجح فى اجراء التجربة فحسب (وهذا أمر مسر بحد ذاته) ، بل وأصبحت تفهم مغزاها وتستخلص الفائدة منها (وهذا أهم بكثير) . وأرجوك أن تطلع باستمرار على كتب الكيمياء فمنها تفهم مبدأ التجربة وخصائصها . وقد تركنا قصدا هذه المهمة لك لأن حجم الكتاب لا يسمح بذلك والا لاضطررنا الى حذف عدد من التجارب . وهذا ما لا نرغب عمله حقا .

والآن ، وبعد أن اطلعت على الشروط والملاحظات الواردة أعلاه ، والتى نأمل أن تهتم بها وتنفذها بكل جدية ، فقد حان الوقت الى الاهتمام بتجهيز وتنظيم مخبرك المتواضع .

وأظن بأن ما ستقوم بعمله الآن أقل متعة من اجراء التجارب

ولكنه أمر ضرورى لا بد منه . وعلى كل حال ، فان تجهيز المخبر بالأدوات والكواشف عمل مفيد أيضا .

واذا كان تصورك لكلمة « المخبر » هو غرفة فسيحة فيها خزانة (نافذة) لسحب الغازات وأدوات زجاجية وأفران كهربائية ومضخات وتعلق على جدرانها خزائن مملوءة بالأوانى والكواشف ، فانت مخطئ فى حالتنا هذه . فنحن نعنى بذلك زاوية متواضعة فى غرفة (ليست غرفة النوم طبعا) يمكن أن توضع فيها طاولة صغيرة يعلق فوقها رف أو رفين على الأكثر . ولكن ، عليك أن تنفذ الشرطين التاليين قبل شروعك بالبحث عن هذه الزاوية فى بيتك : الشرط الأول وهو أن تسأل نفسك ما يلى : هل أنت عازم حقا على اجراء التجارب الكيميائية ؟ وهل يكفى عندك الصبر والجلد على القيام بهذه المهمة بكل دقة وجدية ؟ ألا تنزعج من الاعداد للتجارب ومن الأعمال المملة كتنظيف مكان العمل وغسل الأوانى الوسخة ؟ واذا كان جوابك ايجابيا ، فلا يبقى عليك الا أن تنفذ الشرط الثانى وهو الحصول على موافقة والديك على القيام بالتجارب الكيميائية فى المنزل . وآمل أن تبلغ مأربك باصرارك الثابت وقناعتك الراسخة .

ولنبدأ الآن معا باعداد مكان العمل .

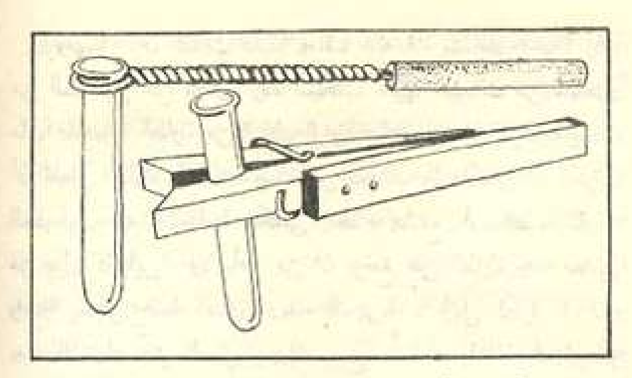
يفضل وضع طاولة العمل بالقرب من النافذة حيث الاضاءة جيدة ولأن العمل بالقرب من النافذة يجعل من السهل تهوية الغرفة (وهذا أمر ضرورى فى بعض الأحيان) . واذا لم يتوفر مكان بالقرب من النافذة وجب الاهتمام باضاءة كهربائية جيدة . وعلى أية حال ينبغى أن تتذكر أنه لا يجوز اجراء التجارب الكيميائية فى غرفة عاتمة .

ومهما كان عملك دقيقا ومتقنا فانه قد يتساقط أحيانا رذاذ من المحاليل على الطاولة وقد تنسكب عليها حبيبات من مسحوق ما . فلحماية الطاولة من التلف ، وتفاديا للحوادث المزعجة يجب أن تغطى الطاولة بقطعة سميكة من الخشب المعاكس أو الكرتون المضغوط وعند الحاجة يكتفى بغطاء مشمع أو غطاء شفاف من بولى الاثيلين . ولا بأس من أن يوضع على الطاولة وعاء معدنى واسع يمكن غسله بسهولة بعد التجربة . وعلى فكرة ، فانه بعد الانتهاء من العمل يجب مسح الطاولة بقطعة قماش أو اسفنجة مبللة بماء فاتر ثم تنشيفها جيدا .

ومن المريح جدا أن يعلق فوق الطاولة رف أو خزانة صغيرة يوضع فيها كل ما يلزم للتجارب . واذا تعذر ذلك وجب وضع الأوانى والكواشف فى مكان واحد قريب من الطاولة ، ولا يجوز أبدا بعثرتها فى مختلف أرجاء الغرفة .

وعليك أن تقتنى فوطة (مئزرا) سميكة يفضل أن تكون من قماش مشمع . فستضطر أحيانا الى التعامل بمواد كاوية وعندئذ لا داع أبدا لتخريب لباسك. واشتر فى الصيدلية أو فى مخزن الأدوات المنزلية زوجين من القفازات المطاطية (تحتاجها فى بعض التجارب) . ويجب اقتناء نظارات واقية ، وان كنت ستستعملها فى حالات نادرة وبخاصة عندما يوجد خطر من ترذذ السائل من الاناء .

ولنتحدث الآن عن الأدوات والأوانى المخبرية : طبيعى أنه من الأفضل أن تكون لديك أدوات كيميائية حقيقية كالدوارق والكؤوس الكيميائية والبواتق وغيرها . ولكن تحقيق ذلك ليس



ممكنا فى أكثر الأحيان . ومع ذلك فهناك حل لهذه المشكلة ، وهو أن تستعمل ما هو متوفر لديك .

فيمكن ، مثلا ، الاستعاضة عن أنابيب الاختبار بأمبولات زجاجية ذات جدار رقيق (كالتى توضع فيها العقاقير الطبية) ولكن ، انتبه الى أنه لا يجوز تسخينها على لهب مكشوف لأن قعرها مستو ولكنها تتحمل التسخين فى حمام مائى . وتصلح الزجاجات التى يوضع فيها البنسلين وغيره من الأدوية لاجراء التجارب وحفظ المواد . وستحتاج فى الفترة الأولى الى عشر رجاجات منها لا أكثر .

يجب أحيانا تسخين الانابيب . وعندئذ لا يجوز مسكها ، طبعا ، باليدين وانما تمسك بممسك خاص . ولا أظن أنك ستجد أفضل من ملقط الغسيل الخشبى لهذا الغرض . وملقط الغسيل يمكن تطويله بتثبيت قضيب خشبى على أحد طرفيه . ومن السهل صنع ممسك أو ملقط من سلك معدنى سميك ولين . ولكن لا تنسى عندئذ أن تلبس طرفه الذى ستمسكه دائما بيدك بقطعة من المطاط أو أن تلفه بشريط من القماش العازل .

لا تحتاج معظم التجارب الى حامل خاص . ولكن الأفضل أن تصنع حاملا لأنابيب الاختبار كى لا تضطر الى مسكها بيديك فترة طويلة . وأبسط حامل يمكن تأمينه هو عارضة خشبية عليها ثقوب يزيد قطرها قليلا عن قطر أنابيب الاختبار .

ويمكنك الاستفادة من زجاجات الأدوية التى تغلق فتحتها عادة بسدادات من بولى الاثيلين واستخدامها كاوان كيميائية . وهذه السدادات مريحة جدا لأنها تصلح لعدد كبير من الزجاجات ولأن بولى الاثيلين ، وهذا هو الأهم ، لا يتأثر بالأحماض والعديد من المذيبات العضوية ولهذا تستعمل لسد الزجاجات التى تحفظ فيها كواشف تؤثر مع الزمن على السدادات المطاطية . وعلى فكرة ، فان هذه السدادات يمكن أن تستعمل كوعاء لاجراء التجارب فيها عندما تكون كمية المواد المتفاعلة صغيرة .

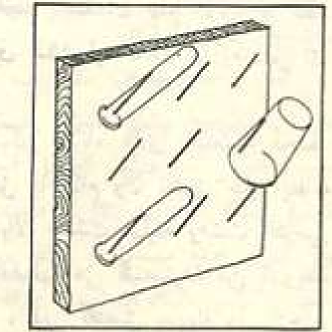
وتصلح الزجاجات والبواقيل التى كانت تستعمل أصلا لحفظ المربيات والمأكولات وغيرها لاجراء بعض التجارب ولحفظ الكواشف أيضا . وتذكر دوما أنه لا يجوز تسخين الأوانى الزجاجية ذات الجدران السميكة لأنها قد تتشقق وتتكسر بسبب التسخين . وستنصحك فى حينه باستعمال هذا الاناء أو ذلك لاجراء التجربة . واذا لم نتطرق لذلك فبامكانك أن تستعمل أى اناء متوفر لديك .

ومهما كان نوع أو شكل الاناء الذى تستعمله لحفظ المواد الا أنه يجب أن يغلق باحكام وأن تلصق عليه بطاقة تبين نوع المادة المحفوظة والا حدثت البلبلة وعمت الفوضى مخبرك . وأبسط الطباقات وأفضلها هى المصنوعة من الأربطة (الضمادات) الطبية اللاصقة ، فهى تلتصق بسهولة على الزجاج

ويمكن أن يكتب عليها بقلم الحبر الناشف وتجديد الكتابة عند الضرورة . كما ويمكن صنع بطاقات من الورق تلصق على الزجاج بواسطة صمغ خاص . ويفضل ، لبقائها فترة طويلة ، أن تغطى جيدا بشريط لاصق شفاف .

يجب غسل الأواني جيدا قبل استعمالها وبعده . واذا كان الاناء وسخا وجب غسله بمسحوق الغسيل وفرك جدرانه جيدا بالفرشاة ثم شطفه عدة مرات بماء نقي .

لا تغسل الاناء قبل التجربة فحسب بل ويجب غسله ايضا بعد التجربة فورا والاحتفاظ به نظيفا (وهذا ، بالمناسبة ، أفضل وأسهل لأن الوسخ قد يلتصق جدا على الجدران بعد فترة من الزمن بحيث يصبح من الصعب قشطه عنها) . وأفضل طريقة لتنشيف الأواني النظيفة هي أن تعلق بحيث يسيل منها الماء بسهولة . ولهذا الغرض يمكن صنع « مجفف » بسيط : تدق على لوحة خشبية سميكة مسامير طويلة الى آخرها ثم يثنى طرفها الظاهر (بزاوية قدرها ٤٥° تقريبا) ويلف عليه شريط من القماش العازل أو يغطى بانبوبة مطاطية كي لا يخدش جدار الاناء . وأخيرا تعلق هذه اللوحة على الجدار ويوضع تحتها وعاء لجمع الماء الذي سيسيل من الأواني الزجاجية المعلقة عليها. وهكذا تكون قد صنعت بنفسك مجففا لا بأس به .



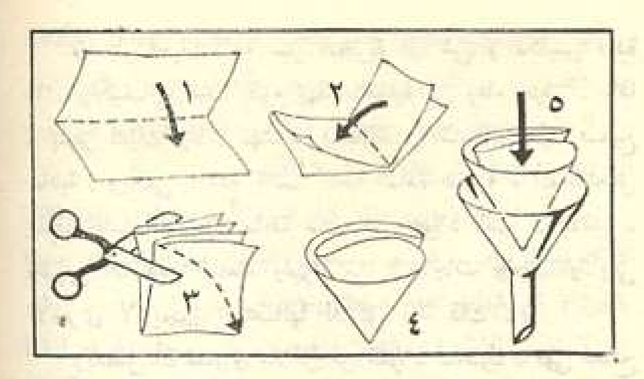
وتضطر أحيانا أثناء سير التجربة الى شي أو تكليس مادة ما . والكيميائي عادة يقوم بهذه العملية في وعاء خزفي . واذا لم يتوفر لديك وعاء كهذا ، فبامكانك استعمال علبة صفيح عادية . ويكفي ، اذا كانت كمية المادة صغيرة ، أن تستعمل ملعقة حساء أو حتى ملعقة شاي من الفولاذ الذي لا يصدأ . وطبيعي أن هذه الملعقة وغيرها من الزجاجات والعلب والأواني الأخرى لا يجوز استعمالها للأكل بعد ذلك .

ويفضل أن تشتري ملاعق من الفولاذ لمخبرك . فهي تصلح ليس فقط للشي وانما يمكن استعمالها بدلا من الملوق . ويمكن الاستغناء حتى عن الملوق عندما تجرى التجربة في انبوب اختبار .

ولنتحدث الآن قليلا عن المرشحات التي ستحتاجها دائما عند اجراء التجارب حيث ستتكرر أمامك مرارا النصيحة التالية : رشح السائل أو افصل المحلول عن الراسب . والحقيقة أنه يمكن أحيانا الاستغناء عن الترشيح . فاذا كان الراسب ثقيلا وكثيفا أمكن سكب السائل من فوقه في كأس نظيف (تسمى هذه الطريقة بالابانة أو الترويق) . ومع ذلك فالترشيح عملية ملازمة لمعظم التجارب . وعليه يجب أن تتعلم تحضير أوراق الترشيح . وهذه عملية ليست صعبة ولكنها تحتاج الى ورق خاص غير مشبع بالصمغ .

والجميع ، وحتى تلاميذ السنة الأولى ، يعرفون هذا الورق جيدا : فالورق النشاف (الذي يستعمل لتنشيف الحبر) ما هو الا ورق ترشيح حقيقي .

ولتحضير المرشح تؤخذ قطعة مربعة من ورقة الترشيح وتطوى من نصفها فتحصل على قطعة مستطيلة ثم تثنى هذه القطعة من



نصفها وتطوى فنحصل على قطعة مربعة ، وبعد ذلك تقص أطراف هذه القطعة كى نحصل عند فتحها على مخروط قاعدته دائرية . لاحظ أن نصف هذا المخروط قد تشكل من طبقة واحدة من الورقة والنصف الآخر من ثلاث طبقات .

وثمة مرشح آخر أعقد بقليل وهو المرشح ذو الثنايا . ولتحضيره تؤخذ ورقة ترشيح دائرية وتثنى عدة مرات بحيث يتشكل ما يشبه بالأوكورديون . والسبب فى ذلك هو أن السائل يترشح من خلال هذه الثنايا بسرعة أكبر . ولكن المشكلة هنا هى أن الراسب الثقيل يمكن أن يشقه . وعليه يصلح هذا المرشح للرواسب الخفيفة فقط أو للبلورات الكبيرة .

ومهما كان شكل ورقة الترشيح التى تستعملها ، فانه يجب أن توضع فى القمع الزجاجى أو البلاستيكى (الذى يباع فى الصيدلية أو فى مخزن الأدوات المنزلية) بحيث تلتصق به جيدا وتكون نهايتها العلوية أخفض بعدة مليمترات من نهاية القمع . وقبل العمل تبلل ورقة الترشيح بالمذيب (وهو الماء عادة لاننا سنتعامل بالمحاليل المائية فى معظم الأحيان) ثم

يسكب المحلول مع الراسب بحذر . وعملية الترشيح تحتاج الى صبر لأن السائل يمر ببطء خلال ورقة الترشيح المبللة . واياك أن تقص أنف الورقة لاسراع الترشيح .

وأحيانا يمكن الترشيح خلال قطعة قماش أو عدة طبقات من الشاش ، وهذه العملية أسرع الى حد ما ولكنها أقل فعالية . وسنذكر عند الضرورة نوع المرشح الذى يمكن استعماله فى كل حالة والا يمكنك استعمال ورقة الترشيح كما شرحنا أعلاه .

وتحتاج فى معظم التجارب الى تسخين المواد المتفاعلة . فاذا كانت درجة الحرارة المطلوبه لا تزيد عن ١٠٠°م كان من الأفضل (الأسلم) استعمال حمام مائى. ويقصد بذلك أية طنجرة (يفضل أن تكون ذات يد) أو أية علبة كونسروة مملوءة بالماء. يسخن الماء حتى درجة الحرارة المطلوبة (حتى الغليان مثلا) ثم يغمر فيه انبوب الاختبار أو الزجاجة الحاوية على المزيج المتفاعل . ولتثبيت الانبوب كى لا يسقط فى الماء يلف بسلك معدنى وتسند نهايتا السلك على حافة الطنجرة أو العلبة ، أو يصنع غطاء للطنجرة من الخشب المعاكس (الرقائقى) فيه ثقوب للانابيب التى تثبت على الغطاء بأسلاك قصيرة .

ولا حاجة لتغطية الكأس عند تسخين المادة فيه . كما لا يجوز وضعه على قعر الطنجرة مباشرة وانما يوضع على قطعة من الخشب مثقوبة بعدة ثقوب لمرور الماء فيها . ولتثبيت هذه القطعة خشية أن تطفو على سطح الماء يراعى أن يكون قطرها كقطر الطنجرة بحيث تدخل بصعوبة فيها .

ولا يجوز استعمال كمية كبيرة من الماء بل يكفى أن يكون الكأس أو أنبوب الاختبار مغمورا حتى نصفه فقط بالماء .





ويمكن ان يعوض عن الماء المتبخر باضافة كمية قليلة منه .

يسخن الحمام المائى اما على مصباح غازى أو على سخانة كهربائية (كن دقيقا ومنتبها فى عملك) ، واذا كان من الضرورى تسخين المادة على اللهب مباشرة لبلوغ درجات حرارة مرتفعة، فمن الأفضل ألا تستخدم لهب جهاز الغاز الموجود فى المطبخ وانما يمكن استعمال المصباح الكحولى لهذا الغرض .

ثمة طريقة أخرى للتسخين حتى درجة حرارة مرتفعة وهى الاستعانة بحمام رملى . ولهذا الغرض تبسط فى مقلاة صغيرة طبقة من الرمل الجاف لا يزيد سمكها عن ٢ سم وتوضع على الرمل جفنة من الخزف أو علبة معدنية تحوى المزيج المتفاعل وتسخن المقلاة على سخانة كهربائية . وهذه طريقة للتسخين قديمة وأمينة ولكنها بطيئة مع الأسف .

ونختم هذا الباب بالتحدث قليلا عن تعيين الكتل والحجوم .

ففى مخبر المنزل يكفى أن يستعمل ميزان الشعرية الذى يباع فى مخازن أجهزة التصوير لوزن الكواشف المستعملة لاظهار الصور الفوتوغرافية فهو دقيق الى حد كاف ورخيص الثمن .

واذا لم تتوفر لديك سنجات ، فبامكانك استعمال قطع النقود المعدنية بعد التأكد من وزن كل قطعة منها (ونذكر على سبيل المثال أن وزن القطع النقدية الصغيرة السوفييتية ، وهى كوبيك واحد وكوبيكان وثلاثة كوبيكات وخمسة كوبيكات هو بالترتيب : ١ غم و ٢ غم و ٣ غم و ٥ غم) كما ويصلح الميزان ذو الذراع لاستخدامه فى تجاربنا لأن معظمها لا يتطلب أوزانا دقيقة جدا .

وبخصوص قياس الحجوم يفضل استعمال الكؤوس الحجمية المدرجة التى تباع فى الصيدليات . وعند الحاجة يمكن لهذا الغرض استخدام قنينة (زجاجة) الحليب المدرجة التى تستعمل لاطعام الأطفال الرضع .

وسنحتاج أحيانا الى أجهزة أكثر تعقيدا من الأجهزة المذكورة أعلاه . ومعظمها يمكن تركيبه من الوسائل والأدوات المتوفرة بين أيدينا وسنتحدث فى حينه عن ذلك . والآن وبعد أن أصبح كل شىء جاهزا لديك ، فاننى أدعوك الى الشروع بالعمل .

التجارب الأولى

ان التجارب المعروضة فى هذا الباب هى أولى التجارب وأبسطها . فهى مخصصة لاولئك الذين لم يتعرفوا بعد على الكيمياء أو انهم بدأوا لتوهم دراسة هذا العلم الشيق .

ولا شك بأن تلاميذ السنوات الأخيرة قد يجدون فى هذا الباب ما هو مفيد لهم أيضا . فليس فى الكون انسان يعلم كل شيء . وبالمناسبة ، فهل اطلعتم سابقا على هذه التجربة البسيطة والمعبرة جدا ألا وهى الرسم باليود على الحديد ؟ فدعونا اذن نبدأ بها هذا الباب .

الرسم باليود

ان ما يميز هذه التجربة هو أن ما تحتاجه قليل جدا ومتوفر فى البيت : شمعة ومحلول من اليود وقطعة ما من الحديد . وننصحك بأن تأخذ قطعة حديدية تالفة كمفصلة باب قديمة أو مفتاح لقفل مجهول أو قفل ضاعت مفاتيحه . نظف السطح الذى ستطبع عليه الصورة تنظيفا جيدا بورق صنفرة حتى يصبح لماعا . اشعل الشمعة واحنيها فوق القطعة الحديدية كى يتساقط البارافين عليها . سخن القطعة الحديدية بلطف حتى ينتشر عليها البارافين مشكلا طبقة رقيقة . وبعد أن يبرد البارافين خطط عليه بابرة خطوطا عميقة تصل الى سطح المعدن .

نقط محلول اليود بواسطة الماصة على هذه الخطوط ، وبعد عدة دقائق يصبح لونه شاحبا وعندها يجب التنقيط منه مرة أخرى . انزع البارافين من على سطح الحديد بعد حوالى ساعة فتلاحظ على السطح آثارا واضحة للخطوط التى رسمتها على البارافين .

اذا نجحت هذه التجربة فبامكانك الانتقال الى عملية أكثر جدية وهى كتابة كلمة أو اسم أو رسم شكل معين على أداة حديدية تخصك وذلك لتمييزها عن غيرها .

دعونا نبحث ماذا يحدث عندما يمس اليود قطعة الحديد . الواقع أن الحديد يتفاعل عندئذ مع اليود مكونا ملحا يدعى بوديد الحديد . وهذا الملح عبارة عن مسحوق ينفصل بسهولة من على سطح القطعة الحديدية وتتكون على السطح آثار للخطوط التى رسمت على البارافين . وتسمى هذه الطريقة بالحفر الكيميائى وهى تطبق كثيرا وتستعمل فيها مواد أكثر فاعلية من اليود .

وبالمناسبة نذكر أن اليود لا يتفاعل مع الحديد فقط ، وانما يتفاعل مع النحاس أيضا . اذن يمكن الحفر باليود على أدوات مختلفة من النحاس وسبائكه . وبامكانك أن تجرب ذلك بنفسك .

ادلة (مشعرات) من صنعك

فى المخابر الكيميائية يلجأ أحيانا الى الأدلة للكشف عن هذه المادة أو تلك ولكن الوظيفة الرئيسية للأدلة هى التعرف على حموضة الوسط ، ذلك أن سلوك المواد وطبيعة التفاعلات تتعلق الى حد كبير بهذه الخاصة . وسنحتاج فى تجاربنا هنا

أكثر من مرة الى الأدلة . وبما أنها ليست متوفرة دوما فى الصيدليات والمخازن لذا سنحاول أن نحضرها بأنفسنا معتمدين على النباتات كمادة أولية : فالعديد من الزهور والثمار والأوراق والجذور يحوى مواد ملونة تستطيع تغيير لونها كرد على التأثيرات الخارجية ، وما أن تقع فى وسط حمضى (أو قلوى) حتى تنبئنا بذلك .

تجمع « المادة الأوعية » النباتية فى فصل الصيف ، فهى تنتشر فى الغابة والحدائق والبساتين : اجمع السوسن والتوليب (نبات من الفصيلة الزنبقية) والورود وزهر الثالوث (نوع من البنفسج) واجمع أيضا ثمار الخباز وتوت الأرض (الفراولة) والعليق والعنبية (عنب الأحراج) واحتفظ بعدة أوراق من الملفوف (الكرنب) البنفسجى والشوندر .

وبما أن محاليل الأدلة تحضر بسلق المادة الأولية (كما يحضر مرق اللحم مثلا) لذا فانها تفسد بسرعة ويجب تحضيرها قبل البدء بالتجربة مباشرة . خذ قليلا من مخزون المادة الأولية المتوفرة لديك وضعه فى انبوب اختبار ثم اسكب الماء فوقه . سخن الانبوب على حمام مائى الى أن يتلون المحلول . رشح المحلول بعد تبريده واحفظ الرشاحة فى زجاجة نظيفة عليها بطاقة تحمل اسم الدليل .

ولاستعمال هذه الأدلة فى فصل الشتاء يجب جمع الثمار والزهور فى فصل الصيف وتجفيفها وتوزيعها فى زجاجات خاصة . وعند الحاجة يحضر الدليل بالطريقة السالفة الذكر .

ولمعرفة الدليل الذى يتأثر فى هذا الوسط أو ذاك وكيف يتغير لونه عندئذ لا بد من اجراء تجربة تفصيلية : نقّط بالماصة

عدة نقاط من محلول الدليل (الذى حضرته) فى محلول حمضى (محلول الخل المستعمل فى المنزل) أو فى محلول قلوى (كربونات الصوديوم مثلا) . فاذا أضفت خلاصة زهر السوسن ذات اللون الأزرق الفاتح الى محلول الخل أصبح لونها أحمر بينما يصبح أزرق مخضرا فى محلول كربونات الصوديوم .

رتب نتائج جميع هذه التجارب فى جدول كالجدول التالى .

وليست الأوراق والثمار وحدها تقوم بمهمة الأدلة . فبعض أنواع العصير تتأثر ويتغير لونها بتغير حموضة الوسط الذى توجد فيه (كعصير الكرنب الأحمر وعصير الكرز وعصير العنب وغيرها) . والطريف أن الحساء (شوربة) المصنوع من الشوندر يقوم بدور الدليل أيضا . وأعتقد أن ربة البيت تعرف ذلك جيدا وتستغل هذه الخاصة عند مرق الشوندر ليس لغرض التحليل وانما لجعل لون الحساء أحمر ساطعا اذ تضيف اليه قبل الانتهاء من سلقه قليلا من حمض غذائى كحمض الخل أو حمض الليمون .

وثمة دليل آخر يستعمل بشكل واسع فى المخابر وهو الفنولفتالين (ويدعى أحيانا فينول الفتالين) وسنحضره من حبيبات تحمل الاسم نفسه وتباع فى الصيدليات : اسحق حبة أو حبتين منه واذبها فى ١٠ سم^3 تقريبا من ماء فاتر . لاحظ أن الذوبان لن يكون كاملا لأن هذه الحبيبات تحوى بالاضافة الى الفنولفتالين ، مادة حشو (مادة مالئة) من الطلق أو الطباشير . رشح المحلول الناتج خلال ورقة ترشيح مبللة واجمع الرشاحة فى زجاجة عليها بطاقة تحمل اسم « دليل الفنولفتالين » . والمحلول الناتج عديم اللون ولا يفسد مع الزمن وستستعمله أكثر من مرة

للتأكد من قلوية الوسط حيث يصبح لونه أحمر فيه . وللتأكد من ذلك أضف نقطة أو نقطتين منه الى محلول صودا الغسيل .

وفيما يلى نموذج للجدول الذى يجب أن ترتب فيه الأدلة :

الدليل	لون المحلول		
	الأصل	فى وسط حمضى	فى وسط قلوى
عصير العنب	أحمر غامق	أحمر	أخضر
السوسن الأزرق	أزرق ساطع	أحمر	أزرق مخضر

ونختم حديثنا عن الأدلة النباتية بالقصة التالية وهى أنه فى غابر الزمان كانت العادة المتبعة عند النبلاء أن يكتبوا الدعوات على أوراق الأزهار . وكانوا يستعملون فى كتابة النص محلولا حمضيا أو قلويا وذلك تبعا لنوع الزهرة وللون الذى يراد أن يظهر فيه نص الدعوة . جرب ، اذا أردت طبعا ، الكتابة بهذه الطريقة بشرط أن تختار بنفسك الأوراق والمحاليل اللازمة لذلك . ولكن تذكر أن المحلول لا يجوز أن يكون مشبعا كى لا تتلف الورقة الناعمة ، وأن الكتابة لن تبقى فترة طويلة كما تريد . وبالرغم من ذلك فالتجربة طريفة وممتعة اذا نجحت طبعا .

تجارب على الاستخلاص

ستتعرف الآن على عملية واسعة الانتشار فى الصناعة والمخابر الكيميائية تدعى الاستخلاص .

اسحق عدة جوزات (بلا قشور طبعا) أو حفنة من بذور

عباد الشمس المقشورة أيضا وضعها فى أنبوب اختبار ثم اسكب عليها البنزين حتى يغمرها تماما (انتبه الى أنه لا يجوز أن يكون بالقرب منك أى مصدر للنار ، فالبنزين يشتعل فورا) . خض محتويات الانبوب واتركها لتستقر مدة ساعتين مع تحريكها من فترة الى أخرى ، ثم اسكبها على صحن وضعها بالقرب من النافذة كى يتبخر البنزين منها . وستلاحظ أنه سيبقى على الصحن (بعد أن يتبخر البنزين) قليل من الزيت . وهكذا تكون ، بواسطة البنزين ، قد استخلصت الزيت من البذور . وقد تم ذلك لأن الزيت يذوب جيدا فى البنزين وهذه العملية بالذات تسمى بالاستخلاص .

وبامكانك الحصول على الزيت من بذور أخرى ، ولكن لا يجوز أن تتذوقه أبدا .

واليك تجربة أخرى على أوراق النباتات وهى تحتاج الى حمام مائى وكأس رقيق الجدران (تذكر أنه اذا كانت جدران الكأس سميكة فربما تشققت أثناء التسخين) .

خذ ورقة طازجة من نبات ما وضعها فى كأس زجاجى . ثم اغمرها بكحول مخفف (ممدد) . سخن الماء فى الحمام المائى ثم اسحب من تحته النار وضع فيه الكأس الحاوى على الورقة وبعد فترة من الزمن اسحب الورقة بالملقط فتلاحظ أن لونها قد زال وأن الكحول تلون بلون زمردى . وهكذا تكون قد استخلصت الكلوروفيل وهو الصباغ الأخضر فى النباتات .

وبالمناسبة ، فاذا أخذت نباتا يؤكل ، كالخس أو السبانخ مثلا ، استطعت بالطريقة نفسها أن تستخلص منه الصباغ الغذائى (لاستعماله فى صبغ الكريما أو الصلصلة) . وهذا ما

يجرى عمله عند تحضير المواد الغذائية والحلويات : اذ يسحب الصباغ الأخضر الصالح للأكل من الأوراق بالاستخلاص . ولاسراع العملية ننصح بتقطيع الأوراق أولا الى قطع صغيرة وخض الاناء من فترة الى أخرى .

واليك تجربة أخرى : املأ انبوب اختبار حتى نصفه بالماء واسكب فيه حوالى ١ $سم^3$ من محلول اليود فتحصل على محلول بنى باهت . أضف الى هذا المحلول كمية مماثلة من البنزين ثم خض المزيج عدة مرات واتركه بعد ذلك ليستقر . وبعد فترة تلاحظ أن المزيج انقسم الى طبقتين : طبقة عليا ، وهى طبقة البنزين وأصبح لونها بنيا غامقا ، وطبقة سفلى ، وهى الطبقة المائية وأصبحت عديمة اللون تقريبا . فاليود سيء الذوبان فى الماء ولكنه يذوب جيدا فى البنزين . ولهذا انتقل من المحلول المائى الى طبقة البنزين .

وتجربتنا الأخيرة على الاستخلاص تعتمد على الاختلاف فى الذوبانية : كيف تميز بسرعة بين مسحوق القهوة ومسحوق الهندب البرى (حبوب تسحق وتضاف الى القهوة لاعطائها طعما خاصا (chicory) وليست حبوب الهال المعروفة) ؟ ستجيب قائلا : بالرائحة طبعا . ولكن ما العمل اذا كانت الرائحة ضعيفة أو أنك لم تعد تذكر تماما هذه الرائحة ؟ عندئذ ارم قبضة من هذا المسحوق وذلك على انفراد فى اناء شفاف يحوى ماء ساخنا . فاذا بقى الماء على حاله دون أن يتلون دل ذلك على وجود الهندب لأن الهندب يستخلص بالماء بصعوبة . أما مسحوق القهوة ، فيذوب فى الماء ويهبط ببطء الى قعر الاناء تاركا وراءه أثرا بنيا .

تجارب على الغازات

لقد أجرينا عدة تجارب على المحاليل ، والآن دعونا نجرى بعض التجارب على الغازات . والعمل هنا أصعب الى حد ما ، فسنحتاج الى سدادات مثقوبة وأنابيب لتصريف الغاز .

والانبوب يمكن أن يكون من الزجاج أو المعدن أو حتى من البلاستيك وينصح بعدم استعمال السدادات المطاطية فمن الصعب ثقبها بالمثقاب والأفضل فى هذه الحالة استعمال سدادات من الفلين أو بولى الاتيلين ، فثقبها يمكن أن يتم بواسطة مخرز حام فقط . ادخل فى هذا الثقب أنبوبا زجاجيا (يمكن أن تستعمل القطارة لهذا الغرض) بحيث يلتصق تماما بالسدادة . وأوصل هذا الانبوب بانبوب آخر من المطاط أو بولى الاتيلين طوله حوالى ٣٠ سم ، ثم أدخل فى طرفه الآخر انبوبا زجاجيا قصيرا .

والآن يمكننا القيام بأول تجربة على الغازات : اسكب حوالى نصف كأس من ماء ساخن على نصف ملعقة شاى من مسحوق الكلس المطفأ . اخلط المزيج ثم اتركه ليستقر . فيتجمع الراسب فى قعر الكأس ويعلوه سائل شفاف يدعى ماء الكلس . افصل هذا السائل بحذر عن الراسب (تذكر أن هذه الطريقة تسمى بالابانة أو الترويق) .

واذا لم يكن فى حوزتك مسحوق الكلس المطفأ السابق الذكر ، فبامكانك أن تحضر ماء الكلس من محلولين يباعان فى الصيدلية هما كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ومحلول النشادر المائى (هيدروكسيد الأمونيوم) NH_4OH . فعند مزج هذين المحلولين يتكون محلول شفاف هو ماء الكلس .

افتح زجاجة تحوى ماء معدنيا غازيا أو كازوزة وسدها فورا بسدادة مزودة بانبوب تصريف الغاز (وهو الانبوب الذى قمت بتحضيره منذ لحظة) . اغمس طرف الانبوب الآخر فى كأس يحوى ماء الكلس . ضع الزجاجة فى ماء ساخن كى تنطلق منها فقاعات الغاز بسرعة (غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 ، وهو يضاف خصيصا الى هذه المياه لحفظها من الفساد ولاعطائها طعما لذيذا) فتلاحظ بعد فترة أن ماء الكلس يتعكر تدريجيا لأن ثانى أكسيد الكربون . يصل الى الكأس عن طريق انبوب التصريف ويدخل فى ماء الكلس حيث يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم المنحل فيه ويحوله الى كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، وهذه لا تذوب فى الماء مما يؤدى الى ظهور عكر أبيض .

أود أن أشير بخصوص التجارب على ماء الكلس الى أنه لا داع أبدا الى البحث عن مصدر خارجى لغاز ثانى أكسيد الكربون طالما أن هذا الغاز يمكن الحصول عليه دوما من مصدر داخل جسمنا وهو الرئتان . فانت تعلم أنه عند الزفير تطلق الرئتان هواء غنيا بثانى أكسيد الكربون . فاذا غمرت طرف انبوب ما فى محلول طازج من ماء الكلس ونفخت فى الطرف الآخر من الانبوب لاحظت أن المحلول يبدأ بالتعكر أيضا .

ولنعد الآن الى المصادر الخارجية لـ CO_2 .

افتح زجاجة أخرى ، وضع فيها سدادة مزودة بانبوب . تابع تمرير ثانى أكسيد الكربون خلال ماء الكلس . تلاحظ بعد فترة من الزمن أن المحلول يصبح شفافا من جديد لأن غاز الكربون هذا يتفاعل مع كربونات الكالسيوم ويحولها الى ملح

آخر هو ثانى كربونات الكالسيوم (بيكربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$) التى تذوب جيدا فى الماء .

والغاز الثانى الذى سندرسه الآن هو غاز النشادر . وقد جئنا على ذكره آنفا . ويسهل التعرف عليه من رائحته الحادة المميزة .

اسكب فى زجاجة قليلا من محلول مشبع ومغلى جيدا من صودا الغسيل . أضف اليه هيدروكسيد الأمونيوم (ماءات الأمونيوم) . أغلق فوهة الزجاجة بسدادة مزودة بانبوب تصريف مرن تدخل نهايته الأخرى فى انبوب مقلوب (رأسا على عقب) . سخن الزجاجة فى ماء ساخن . ولما كانت أبخرة النشادر أخف من الهواء ، فانها سرعان ما تملأ الانبوب المقلوب . امسك الانبوب ، كما هو مقلوب ، واغطسه بحذر فى كأس من الماء . لاحظ كيف أن الماء يبدأ فورا بالارتفاع فى الانبوب لأن النشادر ينحل (يذوب) جيدا فى الماء ، فيترك له مكانا فارغا فى الانبوب .

والآن سنعلمك كيف تكشف أو تتعرف على النشادر ، ليس فقط من رائحته المميزة ، وانما بطريقة أدق وأصح . تأكد ، أولا ، من أن محلول النشادر ذو تفاعل قلوى (استعن لهذا الغرض بالفنولفتالين أو بأى دليل آخر حضرته بنفسك) . وأجر ، ثانيا ، تفاعلا نوعيا على النشادر . ونقصد بالتفاعل النوعى ذلك التفاعل الذى يسمح بالتعرف ، دون خطأ ، على هذه المادة أو تلك .

حضر محلولا ضعيفا من كبريتات النحاس (يجب أن يكون لونه أزرق باهتا) . اغمر فيه نهاية انبوب تصريف الغاز

من التجربة السابقة . لاحظ عندما يبدأ غاز النشادر NH_3 بالانطلاق كيف أن لون المحلول عند نهاية الانبوب يصبح أزرق فاتحا . فالنشادر يشكل مع ملح النحاس معقدا ملونا بلون فاتح وصيغته كالتالى $[Cu(NH_3)_4]SO_4$.

والآن ننصحك بالحصول على قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم لأننا سنقوم معا بتحضير الأسيتيلين .

ركّب جهازا كما فى التجربة السابقة . اسكب فى الزجاجة ماء عاديا ، عوضا عن هيدروكسيد النشادر ، وارم فيه قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم بحجم حبة الحمص وملفوفة بورقة نشاف ، ثم اغلق فوهة الزجاجة بسدادة ذات انبوب . وعندما تتبلل ورقة النشاف يبدأ الغاز بالانطلاق . اجمع هذا الغاز ، كما فى التجربة السابقة ، فى أنبوب مقلوب رأسا على عقب . وبعد مرور دقيقة اقلب الانبوب وقرب من فوهته عود ثقاب مشتعل . لاحظ كيف أن الغاز يشتعل بلهب مفحم . وهذا الغاز المنطلق ما هو الا الاسيتيلين الذى يستعمل فى لحام المعادن .

ونذكر بالمناسبة أنه لا يتكون فى هذه التجربة الأسيتيلين فقط ، وانما يبقى فى الزجاجة محلول مائى من هيدروكسيد الكالسيوم ، أى ماء الكلس ، الذى يمكن استخدامه فى التجارب الخاصة بغاز الكربون .

والتجربة التالية لا يجوز اجراؤها الا فى حال توفر تهوية جيدة ، والا وجب أن تجرى فى الهواء الطلق . وسنقوم فيها بتحضير ثانى أكسيد الكبريت SO_2 ، وهو غاز ذو رائحة واخزة حادة .

اسكب فى زجاجة حمض الخليك (حمض الخل) المخفف وأضف اليه قليلا من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 الملفوفة بورقة نشاف (تتوفر هذه المادة فى المخازن التى تبيع المواد اللازمة لتحميض الصور الفوتوغرافية) . اغلق الزجاجة بسدادة مزودة بانبوب لتصريف الغازات ، اغمر الطرف الآخر من الانبوب فى كأس ، يحوى محلولا مخففا ومحضرا سلفا من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. يجب أن يكون لون محلول البرمنجنات ورديا باهتا . وعندما تتبلل الورقة يبدأ غاز ثانى أكسيد الكبريت بالانطلاق من الزجاجة فيصل الى الكأس حيث يتفاعل مع محلول برمنجنات البوتاسيوم ويزيل لونه .

واذا لم يتسن لك شراء كبريتيت الصوديوم النقية ، فبامكانك أن تستعيض عنها بمادة الاظهار الضوئى العادية . صحيح أن غاز ثانى أكسيد الكبريت سيحتوى فى هذه الحالة على شائبة من غاز الكربون ، ولكن هذا لن يعيق سير التجربة أبدا .

الأكسدة والاختزال (الارجاع)

عرضنا فى تجربة استحضار غاز ثانى أكسيد الكبريت تفاعلا من تفاعلات الأكسدة والاختزال الكثيرة . ففى هذه التفاعلات تضم ذرات احدى المواد الالكترونات التى تمنحها ذرات مواد أخرى . وتسمى عندئذ المواد الأولى بالمؤكسدات (برمنجنات البوتاسيوم فى تفاعلنا المذكور أعلاه) وتسمى المواد الثانية بالمختزلات (ثانى أكسيد الكبريت) .

وسنجرى فيما يلى عدة تجارب أخرى على تفاعلات الأكسدة والاختزال .

اقطع شطيرة (أو جزا) من حبة بطاطس . نقّط عليها عدة نقاط من محلول مخفف من اليود ، فيظهر لون أزرق يعود الى أن النشاء الموجود فى حبة البطاطس يزرق فى وجود اليود الحر . وهذا التفاعل كثيرا ما يستخدم للكشف عن النشاء . اذن ، فهو تفاعل نوعى أيضا .

نقّط على مكان اليود قليلا من محلول كبريتيت الصوديوم ، ولاحظ كيف أن اللون يزول بسرعة . واليك تفسير ما حدث : أعطت الكبريتيت الكترونا الى اليود الحر فأصبح مشحونا كهربائيا . واليود فى هذه الحالة لا يلون النشاء باللون الأزرق .

وتعنى هذه الخاصة عند كبريتيت الصوديوم ، وثانى أكسيد الكبريت أيضا ، أنهما مختزلان جيدان . وفيما يلى تجربة أخرى على الكبريتيت حيث تشترك فيها برمنجنات البوتاسيوم كمؤكسد أيضا .

خذ أربعة محاليل من برمنجنات البوتاسيوم ألوانها كالتالى : وردى ضعيف ووردى وبنفسجى فاتح وبنفسجى غامق ، وضع كل منها فى انبوب اختبار . أضف الى كل انبوب محلول كبريتيت الصوديوم . لاحظ كيف أن المحلول فى الأنبوب الأول يصبح عديم اللون تقريبا وبنيا فى الانبوب الثانى . وتظهر فى الانبوب الثالث ندف بنية اللون ، يزداد عددها كثيرا فى الانبوب الرابع .

يتكون فى الأنابيب الأربعة أكسيد المنجنيز MnO_2 الصلب ، ولكنه يوجد فى الانبوبين الأول والثانى على هيئة محلول غروانى (جسيماته الصلبة دقيقة جدا بحيث يظهر المحلول شفافا)

بينما يكون تركيزه فى الانبوبين الثالث والرابع كبيرا مما يجعل جسيماته تتلاصق مع بعضها متحولة الى راسب .

وبوجه عام ، يمكن أن يطلق على برمنجنات البوتاسيوم اسم « الحرباء الكيميائية » اذ انها قادرة على تغيير لونها مثلها . فمثلا تحول لونها من بنفسجى أحمر الى أخضر فى وسط قلوى نظرا لأن البرمنجنات تختزل فيه الى البرمنجنات ذات اللون الأخضر. وللتأكد من ذلك ارم بلورة من البرمنجنات فى محلول مادة قلوية (محلول مغلى جيدا من صودا الغسيل مثلا) ولاحظ كيف أنه يظهر لون أخضر بدلا من اللون الوردى المألوف .

تظهر هذه التجربة أكثر جمالا عند استعمال الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) . ولكننا لا ننصحك باستخدام هذه المادة وغيرها من القلويات الكاوية فى تجاربك المنزلية لعدم توفر الخبرة الكافية لديك بعد . أما اذا أردت اجراءها فى مختبر المدرسة ، فما عليك الا أن تضع فى كأس رقيق الجدران قليلا من محلول للبرمنجنات أحمر اللون (يجب أن يكون شفافا أيضا) وتضيف اليه على دفعات وبحذر (كى لا يسخن المزيج) كميات قليلة من محلول الصودا الكاوية المركز . والآن راقب تغير لون السائل : فهو يصبح فى البداية بنفسجيا ، ثم ينقلب الى أزرق كلما ازدادت قلوية المحلول ، ويتحول فى نهاية الأمر الى لون أخضر .

ويظهر تغير اللون أكثر وضوحا عند تعريض الكأس لأشعة المصباح الكهربائى . وعلى كل حال ، فالاضاءة الجيدة أمر ضرورى هنا . فبدونها قد تتعذر مراقبة اللحظة التى يتغير فيها اللون .

واليك تجربة أخرى تساعد على التمييز بين الماء النقى والماء القذر . ضع فى انبوب اختبار ماء نقيا من الصنبور وفى انبوب آخر ماء من مستنقع أو بركة ماء آسن . أضف الى الانبوبين قليلا من محلول برمنجنات البوتاسيوم (المؤكسد) . لاحظ كيف أن محلول البرمنجنات يبقى ورديا فى الماء النقى ، ويزول لونه فى الماء القذر . والسبب فى ذلك هو أن الماء الآسن تتجمع فيه مواد عضوية تقوم ، ككبريتيت الصوديوم ، باختزال برمنجنات البوتاسيوم وتغيير لونه .

اقترحنا عليك فى التجربة الأولى أن تشترى المظهر — كبريتيت الصوديوم من مخزن بيع المواد اللازمة لتحميض الصور الفوتوغرافية فاذا تسنى لك ذلك ، فما عليك الآن الا أن تشترى مظهرا آخر هو مزيج من الميتول والهيدروكينون . أذب هذا المظهر فى الماء فتحصل على محلول ذى لون ضعيف جدا . أضف الى المحلول قليلا من المسحوق القاصر (وهو مادة مطهرة شائعة الاستعمال ويجب التعامل بها بحذر) فيصبح أصفر اللون . وتعليل ذلك هو أن المسحوق القاصر مؤكسد جيد ، فهو يؤكسد الهيدروكينون ويحوله الى الكينون ذى اللون الأصفر .

واذا أضفت الآن الى المحلول مزيجا من كبريتيت الصوديوم والصودا زال اللون الأصفر نظرا لأن كبريتيت الصوديوم يختزل الكينون ويحوله الى هيدروكينون من جديد .

وسنجرى تجربة أخيرة على « الأكسدة والاختزال » مستخدمين مركبات الكروم . فالتجارب على هذه المركبات تكون جميلة فى معظم الأحيان . ولا عجب من ذلك ، فكلمة « كروموس » تعنى « اللون » فى اللغة اليونانية .

اذن ، خذ قليلا من محلول ثانى كرومات (بيكرومات) البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ الأصفر (هذه المادة تستعمل كمؤكسد فى الصناعة ، اذ يستعان بها مثلا لغسل الأدوات والقطع الموسخة جدا ، وعليه يجب التعامل بها بحذر) وأضف اليه قليلا من حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) (انتبه ! يجب صب الحمض ببطء وحذر) . لاحظ أن اللون يصبح أحمر . ارم فى هذا المحلول المحمض بضع قطع من الزنك . واذا لم تتوفر لديك مثل هذه القطع التى تجرى عليها التجارب عادة ، فبامكانك أن تحصل على الزنك بنفسك من بطارية قديمة : ذلك أن الحجيرات المعدنية فى البطاريات مصنوعة من الزنك .

والآن ، وبعد أن رميت فى المحلول قطع الزنك ، تختزل البيكرومات ويتغير لونها الى لون أخضر غامق نتيجة تشكل ما يسمى بشب الكروم والبوتاسيوم $KCrSO_4$. وينطلق عندئذ غاز الهيدروجين . واذا لم تتأكسد نواتج هذا التفاعل بأكسيجين الهواء ، فان التفاعل سيستمر بعد ذلك ، وسيظهر لون أزرق يخص محلول كبريتات الكروم $CrSO_4$. اسكب هذا المحلول فى كأس آخر . وبينما أنت تقوم بذلك تحدث الأكسدة ، وينقلب لون المحلول الى لون أخضر من جديد .

الامتزاز

أعتقد أن جميع الناس على الأرض يعرفون الظاهرة الكيميائية الفيزيائية التى سنتحدث عنها الآن ، وان كان الكثيرون لا يعرفون أنها تسمى بهذا الاسم . وسواء درست ظاهرة الامتزاز فى المدرسة أو لم تدرسها بعد ، فانك ستراها بأم عينك عندما تبقع بقعة

حبر على ورقة أو على الثياب (وهذا أسوأ بكثير) . فالامتزاز يحدث عندما يمتص سطح مادة ما (ورقة أو قماش أو ما شابه ذلك) جسيمات مادة أخرى (الحبر أو غيره) .

ولعل أفضل ماز (مادة مازة) على الاطلاق هو الفحم ، وبالذات الفحم الخشبى ، وليس الفحم الحجرى ، وزيادة فى الدقة نقول أنه نوع من الفحم الخشبى يدعى الفحم الفعال (أو الفحم المنشط) . وهو يباع عادة فى الصيدليات . وبه سنبدأ تجاربنا على الامتزاز .

حضر محلولا باهت اللون من أى حبر كان ، واسكبه فى انبوب اختبار دون أن تملأه حتى آخره . ارم فى المحلول حبة من الفحم الفعال (يفضل أن تسحقها قبل ذلك) . سد فتحة الانبوب باصبعك واخلط المحلول جيدا ، ثم لاحظ كيف أن المحلول يزول لونه أمام عينيك . استبدل هذا المحلول بأى محلول آخر بشرط أن يكون ملونا أيضا وستلاحظ أن النتيجة هى ذاتها . وعندما تستعمل قطعا من الفحم الخشبى عوضا عن الفحم الفعال فان هذه القطع ستمتص الصباغ أيضا ، ولكن بشكل أضعف .

وليس هذا بالأمر الغريب : فالفحم الفعال يمتاز عن الفحم العادى بأن سطحه أكبر بكثير ، وجسيماته مملوءة بالمسامات (ولتحقيق ذلك يعالج الفحم بطريقة خاصة وتفصل منه الشوائب) . وطالما أن الامتزاز هو امتصاص من قبل سطح المادة ، فانه من البديهى أن يزداد الامتصاص كلما كبر السطح .

وباستطاعة المازات أن تمتص المواد ليس فقط من المحاليل . وللتأكد من ذلك ، خذ زجاجة سعتها نصف لتر ونقّط على

قعرها نقطة من الكولونيا أو أى عطر آخر . احضنها براحتى يديك لفترة نصف دقيقة كى يسخن العطر قليلا . وعندها سيكون التبخر أسرع والرائحة أشد . وكما هو متبع فى الكيمياء ، فانه لا يجوز شم المواد من الأوانى مباشرة وانما يجب بحركات خفيفة من الكف توجيه الهواء الحاوى على أبخرة المادة الطيارة نحو الأنف ؛ فقد تكون المادة الموجودة فى الاناء مجهولة التركيب ولا تعرف رائحتها .

والآن ضع فى الزجاجة قليلا من الفحم الفعال ، ثم سدها جيدا بالسدادة واتركها عدة دقائق . افتح الزجاجة ووجه الهواء نحو أنفك من فوق فوهتها، فهل تشعر برائحة ؟

الرائحة زالت . فقد امتصها الماز . وبعبارة أدق ، نقول أن الماز لم يمتص الرائحة نفسها ، وانما امتص جزيئات المادة الطيارة التى وضعتها فى الزجاجة . فهذه الجزيئات ارتبطت بسطح الفحم ولم يعد بامكانها الوصول الى أنفك وان تشم الرائحة بعد ذلك .

ولكن ، هل من الضرورى استعمال الفحم الفعال وحده فى هذه التجارب ؟ طبعا ، لا . فهناك مواد أخرى تمتص الجزيئات جيدا ، مثل : الطوفة والغضار المطحون الجاف والطباشير (الحوارة) وورق النشاف . وهى مواد متنوعة جدا ولكنها تشترك فى أن لها سطحا كبيرا . ومن بينها بعض المواد الغذائية . فالخبز ، كما تعلمون ، يمتص بسهولة الروائح الغريبة .

والبشار (الذرة المحمصة) ، الذى يحبه الكثيرون منكم ، هو ماز جيد جدا . وهنا لا حاجة لاستهلاك كمية كبيرة منه بل سنكتفى ببضع حبات منه . أعد التجربة السابقة على المواد

العطرية فى وجود حبات من البشار ، ولاحظ كيف أن الرائحة تزول تماما . وطبيعى أنه لا يجوز أكل هذه الحبات بعد التجربة .

ولنعد الآن الى تجربة استحضار ثانى أكسيد الكربون (غاز الفحم) . املأ انبوبين بهذا الغاز ، وضع فى أحدهما عدة حبات من البشار ثم خض الانبوب عدة مرات . وبعد ذلك تابع العمل كما فى تجربة ماء الكلس (يمكن « سكب » الغاز من الانبوب فى هذا الماء لأنه أى الغاز أثقل من الهواء) . فهل يختلف تصرف ماء الكلس فى الانبوبين ؟ أجل . فالسائل يتعكر فى الكأس الذى « سكب » فيه الغاز غير المعالج بالماز بينما لن يطرأ شىء على السائل فى الكأس الثانى لأن حبات البشار قد امتصت قبل ذلك ثانى أكسيد الكربون .

واذا كنت عضوا فى حلقة الكيمياء فى مدرستك وتعلمت فيها استحضار غازات ملونة كالكلور وأكسيد النتروجين (لا يجوز استعمال هذين الغازين فى المنزل لأن التعامل بهما يتطلب تهوية جيدة ويجب أن يتم تحت نافذة لسحب الغازات) ؛ فبامكانك أن تختبر تأثير الفحم وحبات البشار عليها . ولهذا الغرض ؛ ضع أحد هذين المازين فى الاناء الحاوى على الغاز الملون ثم خضه عدة مرات ، ولاحظ كيف أن اللون اما أن يزول نهائيا ، أو أنه يضعف كثيرا .

تستعمل حاليا فى المطابخ المنزلية أدوات متنوعة تثبت فوق المواقد الغازية بغية تنقية الهواء من الدخان والروائح المختلفة . وهي تحتوى جميعا على مادة مازة يمر خلالها الهواء الملوث . والآن أصبحتم تعرفون ماذا يحدث بعد ذلك . ونشير هنا الى أن هذه المادة تستبدل من حين لآخر عندما يصبح سطحها مشبعا بالأوساخ والجسيمات الغريبة .

التنظيف الكيميائى

تعتبر التجارب الواردة فى هذا الفصل تكرارا لما جاء سابقا نظرا لأن التنظيف الكيميائى وازالة البقع كثيرا ما يتطلبان اجراء عمليات كتلك التى تعرفنا عليها فى التجارب السابقة وبالتحديد : الاستخلاص والأكسدة والاختزال والامتزاز .

وأعتقد أنكم توافقون معى بأنه لا داع أبدا لتلويث الثياب عمدا ثم اجراء التجارب لتنظيفها . ولكن سنتصرف كما يلى : سنأخذ عدة قطع من قماش فاتح اللون وسنبقع عليها بقعا مختلفة ثم سنحاول ازالة هذه البقع .

والبقع الكثيرة الانتشار هى البقع الدهنية . وهى تزال عادة بالاستخلاص حيث ينتقى المذيب المناسب لذلك . ويصلح البنزين والتربنتين والاثير الطبى لازالة البقع الدهنية الحديثة . ولهذا الغرض تبلل قطنة بالمذيب وتمسح بها البقعة عدة مرات فينتقل الدهن عندئذ الى المحلول . ولتفادى بقاء هالة حول مكان البقعة يعمد الى مسح القماش بماء الصابون أو بمحلول من مسحوق الغسيل .

أما ازالة البقع الدهنية القديمة ، فأصعب من ذلك . وهنا يحتاج الأمر الى أكثر من مذيب واحد . فمثلا يستعمل هنا عادة مزيج من البنزين والاثير الطبى والتربنتين (٧:١:٢ ، أى تؤخذ ٧ أجزاء من الأول وجزء من الثانى وجزءان من الثالث) أو مزيج من الكحول الاثيلى والبنزين والاثير الطبى (١٠:٢:١) .

ويجب الانتباه ، عندما يكون القماش ملونا ، كى لا يؤثر المذيب على اللون . فقبل الشروع بالتنظيف ينبغى التأكد من أن المذيب المختار لن يؤثر على لون القماش .

وتزال جيدا بقعة الورنيش الزيتى بمعجون من الغضار الأبيض مع البنزين . اذ يغطى سطح البقعة بطبقة من هذا المعجون تترك الى أن يتبخر البنزين كليا . وهنا ينضم الامتزاز الى الاستخلاص : فالغضار الأبيض يتشرب ثم يمتص المواد التى استخلصها البنزين .

ولازالة بقعة حديثة من دهان زيتى تبلل هذه البقعة أولا بالتربنتين (لتليينها) ثم تزال بالبنزين . وعندما يخشى من أن يؤثر البنزين أو التربنتين على لون القماش ، يلجأ الى مسح البقعة بمحلول ساخن من الغليسرين أو بمزيج من الغليسرين مع كمية مماثلة من الكحول الاثيلى .

ويمكن ، بالاستخلاص ، ازالة بقع الأعشاب . تذكروا التجربة التى استخلصنا فيها الكلوروفيل بواسطة الكحول . اذن ، فما عليكم الآن الا أن تمسحوا مكان البقعة بالكحول (أو الاثير الطبى) فيبدأ عندها الكلوروفيل بالاستخلاص تدريجيا من البقعة ويزول اللون بعد ذلك .

وتتسنى أحيانا ازالة بقع الحبر عن القماش . ولهذا الغرض يرش على البقعة قليل من مسحوق الطباشير ، ثم تنقط عليه نقطتان أو ثلاث نقاط من الكحول . عندئذ ، يذيب الكحول صبغة الحبر ويتشرب الطباشير المحلول الملون . يقشط الطباشير بطرف سكين غير حاد ، ثم ترش دفعة جديدة منه وينقط عليها الكحول . تكرر العملية حتى يبقى لون الطباشير أبيض ولن يتغير . عندئذ يترك كى يجف ثم ينظف مكان البقعة بالفرشاة .

وفى هذه الحالة نكون قد جمعنا بين الاستخلاص والامتزاز

وبوجه عام يظهر هذا الاسلوب فى ازالة البقع فعالا جدا فى معظم الأحيان : فالغضار الأبيض والطباشير وما شابههما لا تسمح للمحلول الملون بالتوسع فى القماش وتشكيل هالة حول مكان البقعة .

والآن سنتحدث قليلا عن تفاعلات الأكسدة والاختزال التى تستغل فى ازالة البقع أيضا .

يلجأ عادة الى الماء الساخن لازالة البقع الحديثة المتبقية عن الثمار أو أنواع العصير المختلفة . وعندما لا تنجح هذه الطريقة ، تزال البقع المذكورة من على الأقمشة البيضاء بمحلول من فوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسيجينى) : أشبع البقعة بهذا المحلول بعد أن تضيف اليه عدة نقاط من هيدروكسيد الأمونيوم . امسح مكان البقعة بقطنة نظيفة ثم اغسله بالماء . وأظنك تعلم أن فوق أكسيد الهيدروجين مؤكسد قوى ، فهو يؤكسد العديد من الأصبغة ويزيل لونها نهائيا .

ويمكن ، بواسطة تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ازالة البقع التى تتركها مكواة ساخنة على الأقمشة البيضاء القطنية والكتانية ، وهنا يقوم بدور المؤكسد محلول مائى من المسحوق القاصر (كن حذرا عند استعماله) بنسبة ١:٥٠ وزنا . فعندما يسخن القماش بصورة مفرطة بالمكواة تتكون نتيجة الأكسدة الحرارية مواد بنية يفككها الملح القاصر ويجعلها عديمة اللون . ولا تنس أنه يتكون هنا حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) الذى يخرب القماش أيضا . ولهذا يجب بعد التنظيف تبليل القماش بمحلول ضعيف من الصودا لتعديل الحمض ثم غسله بالماء النقى .

وأخيرا ، عندما يسقط محلول اليود على القماش يمكن ازالة البقعة نهائيا بمسحها بمحلول تيوكبريتات الصوديوم (الهيبوسولفيت). والآن أصبحت تعرف ما هو المؤكسد وما هو المرجع فى هذا التفاعل .

الغسل

الغسل يتبع التنظيف عادة . وهذا ما سننفذه أيضا .

والغسل عملية كيميائية فيزيائية تلعب الدور الرئيسى فيها المواد الفعالة سطحيا . وتتألف جزيئات مثل هذه المواد من قسمين الأول هيدروفيلى ، أى محب للماء ، والثانى هيدروفوبى ، أى كاره للماء ولا يتفاعل معه ولكنه يتفاعل برغبة مع المواد الموسّخة مثل الدهون والزيوت وغيرها . ويقع هذان القسمان الهيدروفيلى والهيدروفوبى فى طرفين مختلفين من الجزئ الطويل . وهذه الجزيئات تتثبت على السطح الدهنى بواسطة أطرافها الهيدروفوبية ، بينما تبرز اطرافها الهيدروفيلية الى الخارج كإبر القنفذ تماما . والماء يبلل جيدا هذه « الإبر » ويحيط « بالقنفذ » ويفصله عن السطح . وهكذا يتصرف الصابون ومسحوق الغسيل . وللاسراع فى ازالة الوسخ من على القماش أو اليدين نعمد الى فركها جيدا باسفنجة أو فرشاة .

وسنبدأ حديثنا هنا بالصابون طالما أنه أقدم مادة فعالة سطحيا . أذب قليلا من الصابون فى حجم صغير من الماء . صب المحلول فى انبوب اختبار وأضف اليه محلول الفنولفتالين فيتلون بلون أحمر قرمزى ، مما يدل على أن الوسط قلوى . والواقع ان الصابون العادى هو ملح صوديومى لحمض دهنى

كحمض الأوليك $C_{17}H_{33}COONa$ أو حمض الاستياريك $C_{17}H_{35}COONa$ (أما الصابون السائل فعبارة عن ملح بوتاسيومى لهذين الحمضين) . وتتحلمأ هذه الأملاح عند اذابتها فى الماء وتتفكك الى حمض وقلوى . ولكن الأحماض الدهنية أحماض ضعيفة ، بينما تكون القلويات قوية فى حالتنا هذه . وعليه يكون المحلول قلويا .

وكان يعتقد سابقا أن الصابون يغسل وينظف جيدا لأنه يشكل فى المحلول مادة قلوية ولكن تبين أن الأمر ليس كذلك أبدا ، بل على العكس تماما ، فالمادة القلوية (صودا الغسيل مثلا) تنظف لأنها تتحد مع الدهون وتشكل فى المحلول مواد فعالة سطحيا كالصابون .

ونذكر ، بالمناسبة ، أنه ليس من الصعب الحصول على الصابون . فهناك عدة طرائق لتحقيق ذلك ، واليك واحدة منها : حضر محلولا مركزا ساخنا من صودا الغسيل . اسكبه فى انبوب اختبار وأضف اليه نقطة فنقطة من زيت نباتى . تابع التنقيط حتى يتوقف انحلال الزيت . (يمكن استعمال شمع النحل عوضا عن الزيت النباتى) . ارم فى المحلول الناتج قبضة من ملح الطعام . ونشير هنا الى أن هذه الطريقة هى الطريقة المتبعة فى مصانع تحضير الصابون حيث تسمى العملية الأخيرة بالفصل بالتمليح (أى فصل مركب عضوى من محلول باضافة الملح) . فبعد اضافة الملح يطفو الصابون الصلب على السطح ويمكن عندئذ فصله من المحلول بسهولة .

يندر حاليا استعمال الصابون لغسل الألبسة ويستعاض عنه بمساحيق الغسيل التى يزداد استعمالها عاما بعد عام . وتدخل

فى تركيب هذه المساحيق مواد فعالة سطحيا تحضر اصطناعيا ، ولهذا تسمى بالمنظفات الأصطناعية .

اجر التجربة التالية : خذ ثلاث قطع من قماش وسخ وضع كل منها فى كأس . اسكب فى الكأس الأول ماء فاترا ، وفى الثانى محلولا من الصابون ، وفى الكأس الثالث محلولا من أى مسحوق غسيل تجده فى البيت . افرك القطع قليلا واغسلها بماء نقى ثم اتركها لتنشف ، وراقبها بعد ذلك، فتلاحظ أن القطعة التى كانت فى الماء أصبحت أنظف بقليل من السابق وأن القطعة التى كانت فى محلول الصابون أصبحت أكثر نظافة من القطعة الأولى ولكنها تأتى من هذه الناحية بعد القطعة الثالثة التى غسلت فى محلول مسحوق الغسيل ، فقد أصبحت هذه القطعة نظيفة جدا . وهذا يعنى أن المنظفات الاصطناعية أشد تأثيرا من الصابون العادى .

ويتصف العديد من مساحيق الغسيل بخاصة هامة أخرى وهى أنها تنظف فى أى ماء سواء كان لينا أم قاسيا ، وحتى أنها تنظف فى ماء البحر أيضا، فهل يتصرف الصابون كذلك ؟

خذ ماء عاديا وأذب فيه ملحا ما للكالسيوم أو المغنسيوم ، (يمكنك أن تشترى فى الصيدلية لهذا الغرض الملح الانكليزى أو الملح البحرى أو محلول كلوريد الكالسيوم) فتجعله قاسيا ؛ لأن ما يميز الماء القاسى عن اللين هو احتواؤه على نسبة كبيرة من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم المسماة بأملاح القساوة .

خذ من جديد قطعة من قماش وسخ وحاول أن تغسلها بالصابون فى هذا الماء القاسى ، فلن تفلح فى ذلك ، حتى أن الرغوة لن تتكون فى مثل هذا المحلول . والسبب فى ذلك

هو أن أملاح القساوة تتفاعل مع الصابون فيتكون نتيجة لذلك صابون كالسيومى ومغنسيومى لا يذوب فى الماء ، وبالتالى يفقد جميع خواصه المفيدة فى التنظيف .

ولكن اذا أذبت مسحوق الغسيل فى ماء قاس لاحظت أنه ينظف كما ولو كان مذابا فى ماء عادى . فالماء القاسى لن يعيقه فى ذلك لأن المواد الفعالة سطحيا الداخلة فى تركيب المسحوق لا تتفاعل مع أملاح القساوة ، وبالتالى لن تفقد خواصها فى هذا الماء .

ومحاليل مساحيق الغسيل ، كمحاليل الصابون ، يمكن أن تكون قلوية وعندها تصلح لغسل القطن والكتان فقط وليس لغسل الصوف والحرير . ولكن هناك مواد معتدلة أو محايدة تكون سائلة عادة وتستعمل لغسل الصوف والحرير والأقمشة الاصطناعية . وللتأكد من امكانية غسل كنزة من الصوف بهذا المسحوق أو ذاك يستعان بالفنولفتالين . فاذا أصبح المحلول أحمر بعد اضافة الفنولفتالين اليه دل ذلك على أنه يحتوى على مادة قلوية حرة ولا يجوز غسل الصوف فيه . ولكن اذا بقى المحلول عديم اللون أو تلون بلون خفيف جدا أمكن بكل ثقة غسل الألبسة الصوفية والحريرية فيه .

وفى الأزمنة القديمة كان الصابون من المواد الكمالية ، وكانت تستعمل للغسل مواد أخرى أكثر توفرا ، وان كانت أقل تنظيفا منه . وحاول الآن أن تجرب كيف تؤثر هذه المواد : يمكنك أن تأخذ لهذا الغرض مسحوق الخردل أو مرق الفاصولياء ، والأفضل من ذلك هو جذور بعض النباتات مثل جذور زهرة الربيع وعيون الغراب وبخور مريم والكوكل . فهذه الجذور

تحتوى على مواد ذات فعل تنظيفى وتدعى الصابونينات (ولعلك صادفت فى الكتب القديمة التعبير التالى : الجذر الصابونى) . وجميع هذه المواد الطبيعية تغسل وتنظف ، ولكن على نحو أسوأ من الصابون طبعا . ومع ذلك ، فقد تأكدت بسهولة من أنها تغسل فعلا .

وسننهى حديثنا عن المنظفات بتجربة نجبر فيها المادة على التحرك فى الماء بعد أن نضيف اليه مادة فعالة سطحيا ونغير بالتالى توتره السطحى .

اصنع من سلك نحاسى رفيع لولبا (حلزونا) مسطحا ومؤلفا من عدة دورات وامسحه بلطف بالزيت أو الفازلين . ضع هذا اللولب بهدوء ودقة على سطح الماء فيطفو عليه لأن الماء لا يبلله ولن يسمح له التوتر السطحى للماء بالغرق . والآن نقّط فى منتصف اللولب تماما نقطة من محلول الصابون ولاحظ كيف أن اللولب يبدأ بالدوران فورا . وتعليل ذلك هو أن محلول الصابون ينتشر على سطح الماء داخل اللولب وعندما يبلغ نهاية اللولب يخرج من داخله ويدفعه على الدوران . وعندما يتوقف اللولب عن الدوران نقط مرة أخرى نقطة من محلول الصابون فيبدأ الدوران من جديد .

ويصلح مثل هذا اللولب كجهاز لتقدير الفعالية السطحية عند مختلف السوائل : استبدل محلول الصابون بمادة أخرى فيبدأ اللولب بالدوران بسرعة أخرى . ولن يدور أبدا عندما ينقط داخله محلول من ملح الطعام ، وسيغرق بسرعة فى محلول من مسحوق الغسيل لأن هذا المحلول يزيل ويحل طبقة الزيت التى تحمل السلك على سطح الماء .

شمعة من الصابون

ذكرنا عند الحديث عن الصابون وكيفية تنظيفه للأقمشة أن جزيئه مؤلف من « رأس » يتجه الى داخل الماء و « ذنب » طويل يحاول الخروج منه .

ولنتفحص باهتمام « الذنب » الهيدروفوبى . فهى عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة . والمركبات الحاوية عليه واسعة الانتشار ومهمة جدا فى الصناعة . وهى تشكل قسما أساسيا فى العديد من الدهون والزيوت وغيرها من المواد المفيدة جدا ، ومن بينها الاستيارين . وسنحاول الحصول عليه الآن انطلاقا من صابون الغسيل .

خذ نصف قطعة من صابون الغسيل واسحجها بالسكين الى قشور رقيقة ثم ضعها فى علبة كونسروة نظيفة . صب الماء عليها حتى يغمر القشور كلها ثم ضع العلبة فى حمام مائى . حرك المزيج من وقت لآخر بقضيب خشبى كى يذوب الصابون بسرعة فى الماء . وعندما يتم ذلك ارفع العلبة عن النار (ليس باليد طبعا وانما بملقط خشبى) وصب الخل فيها ، فتنفصل من المحلول بفعله كتلة بيضاء غليظة القوم تطفو على السطح وهى الاستيارين . والاستيارين مزيج نصف شفاف من عدة مواد أهمها حمض الاستياريك $C_{17}H_{35}COOH$ وحمض البالميتيك (حمض النخل) $C_{15}H_{31}COOH$. ومن الصعب تحديد تركيبه بدقة لأنه يتوقف على المواد التى صنع منها الصابون .

وقد جاء فى القصص والروايات أن الشموع تصنع من الاستيارين ، وبالأصح ، كانت تصنع منه سابقا ، أما الآن ، فهى تصنع من البارافين الأكثر توفرا والأرخص ثمنا (يحضر

البارافين من البترول) . ولكن ، طالما أننا حصلنا على الاستيارين ، فلا مانع من أن نصنع شمعة منه . فهذا ، بالمناسبة ، عمل ممتع .

وبعد أن تبردت العلبة تماما اجمع الاستيارين بالملعقة وضعه فى وعاء نظيف . اغسله مرتين أو ثلاث مرات بالماء ثم لفه بقطعة قماش نظيفة بيضاء أو بورقة ترشيح لسحب الماء الزائد منه وبعد أن ينشف تماما ابدأ بصنع الشمعة .

واليك أبسط طريقة لذلك : خذ خيطا غليظا مفتولا واغمسه عدة مرات فى الاستيارين المصهور والمسخن قليلا ، ثم اسحبه بعد كل مرة واتركه فى الهواء كى يتجمد عليه الاستيارين . تابع العملية حتى تحصل على شمعة بالقطر المطلوب . وهذه طريقة جيدة وان كانت متعبة نوعا ما . وعلى كل حال ، فهكذا كان الناس يصنعون الشموع فى غابر الأزمان .

وثمة طريقة أبسط : اذ يكفى دهن الخيط المفتول بالاستيارين المصهور والمحضر لتوه ولكن تشرب الخيط فى هذه الحالة بالكتلة المصهورة يكون أسوأ منه فى الطريقة الأولى مما يجعل الشمعة أقل جودة وان كانت تحترق كالمعتاد .

ان طرائق تحضير الشموع الجميلة والمتنوعة الأشكال ليست بسيطة فقبل كل شىء يجب صنع القالب المناسب من الخشب أو الجص أو المعدن . ويستحسن هنا أن يشرب الخيط فى البداية بالاستيارين ثم يثبت فى القالب بحيث يمر فى منتصفه تماما ، ويفضل أن يكون مشدودا نوعا ما . وبعد ذلك يسكب الاستيارين الساخن فى القالب .

وبالمناسبة ، يمكن بهذه الطريقة صنع الشموع من

البارافين أى من شمعة جاهزة تشتريها ثم تصهرها وتسكب الصهارة فى القالب الذى تريده . ولكننى أنبهك بأن هذه العملية ليست سهلة ...

وبعد أن حصلت على شمعة من الصابون سنقوم بتجربة معاكسة وهى الحصول على الصابون من الشمعة بشرط أن تكون مصنوعة من الاستيارين وليس من البارافين . فالبارافين لا يصلح لصنع الصابون لأن جزيئاته لا تحتوى على « رؤوس » . واذا كنت متأكدا من أن الشمعة من الاستيارين فبامكانك أن تصنع منها صابون الغسيل كما ويصلح لهذا الغرض شمع النحل الطبيعى .

سخن عدة قطع من الشمعة على حمام مائى ساخن جدا ولكنه لا يغلى . وبعد أن ينصهر الاستيارين تماما أضف اليه محلولا مركزا من صودا الغسيل ، فتتكون عندئذ كتلة لزجة بيضاء هى الصابون بذاته . اترك المحلول بضع دقائق أخرى على الحمام المائى ، ثم ضع قفازا على يدك أو لفها بمنشفة كى لا تحرقها واسكب الكتلة الساخنة فى قالب ما ، وليكن علبة ثقاب مثلا ، وبعد أن يبرد الصابون يمكن فصله من العلبة بسهولة .

وليس من الصعب التأكد من أن ما حصلت عليه هو صابون فعلا ، وأنه يغسل وينظف كالمعتاد . ولكننى أرجوك ألا تستعمله لغسل يديك لأننا لا نعرف مدى نقاوة المواد التى كانت موجودة فى الشمعة .

الطباشير والرخام وقشرة البيضة

نقط على قطعة من الطباشير (الحوارة) الطبيعي $CaCO_3$ نقطة من حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) فتلاحظ حدوث فوران شديد فى مكان سقوط النقطة . ضع القطعة فى لهب شمعة أو لهب كحول جاف فيتلون اللهب بلون أحمر جميل .

وهذه الظاهرة معروفة : فالكالسيوم الذى يدخل فى تركيب الطباشير هو الذى يجعل اللهب أحمر اللون . ولكن ، لماذا الحمض هنا ؟ الواقع أن الحمض يتفاعل مع الطباشير ويشكل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ الذى يتطاير رذاذه مع الغازات ويتساقط فى اللهب مباشرة مما يجعل التجربة أوضح وأكثر فعالية .

ومع الأسف ، لا يصلح طباشير المدرسة المضغوط لهذه التجربة لأنه يحتوى على شائبة الصودا (ملح الصوديوم) ولهذا يمكن أن يتلون اللهب بلون برتقالى (يمكنك أن ترش فى اللهب حبات من ملح $NaCl$ فتتأكد عندئذ من أن أملاح الصوديوم تلونه بلون أصفر شديد) . والأفضل أن تجرى هذه التجربة على قطعة من الرخام مبللة بالحمض السابق ذكره .

تحتاج التجربة التالية على الطباشير الى شمعة . ثبت هذه الشمعة على حامل لا يحترق ، ثم أدخل قطعة من الطباشير (أو الرخام أو قشرة البيض) فى اللهب ، فتتغطى عندئذ بالسناج (هباب الفحم) مما يعنى أن درجة حرارة اللهب صغيرة . ولكننا ننوى حرق الطباشير ، وتلزمنا لذلك درجة حرارة تتراوح بين ٧٠٠ و ٨٠٠°م . فما العمل ؟ يجب رفع درجة الحرارة بتوجيه الهواء الى داخل اللهب .

ولهذا الغرض ، خذ قطارة (نقّاطة) وانزع منها الطاقية المطاطية وضع بدلا منها انبوبا من المطاط أو البلاستيك . انفخ فى الانبوب ووجه الهواء الخارج من أنف القطارة بحيث يسقط فوق خيط الشمعة داخل اللهب فينحرف لسان اللهب باتجاه الهواء وترتفع درجة الحرارة عندئذ . وجّه لسان اللهب على زاوية حادة من قطعة الطباشير فتسخن هذه الزاوية كثيرا ويتحول الطباشير فيها الى الكلس الحى CaO (أو الكلس المحروق) وينطلق ثانى أكسيد الكربون .

اجر هذه العملية على عدة قطع من الطباشير والرخام وقشور البيض ثم اجمعها فى زجاجة نظيفة . خذ أكبر قطعة بينها وضعها على صحن صغير ثم نقط الماء على المكان الملتهب فتسمع صوتا كالفحيح أو الأزيز ويمتص الماء كله وتتفتت القطعة الى مسحوق يدعى الكلس المطفأ $Ca(OH)_2$.

اضف كمية زائدة من الماء ونقط بضع نقاط من محلول الفينولفتالين فيصبح الماء فى الصحن أحمر اللون مما يدل على أن الكلس المطفأ يشكل محلولا قلويا .

وبعد أن تبرد القطع المحروقة ضعها فى زجاجة واغمرها بالماء . سد الزجاجة رخض المحلول فتلاحظ أن الماء يصبح عكرا . وأظنك حزرت بأننا سنحصل الآن على ماء الكلس . اترك المحلول ليستقر فترة من الزمن ، ثم اسكب السائل الصافى فى زجاجة نظيفة . خذ قليلا منه فى انبوب اختبار واجر معه التجارب المذكورة سابقا على الغازات . ويمكنك الاحتفاظ به لاجراء بعض « التجارب السحرية » مثل تحويل « الماء » الى « حليب » وتحويل « الماء » الى « دم » .

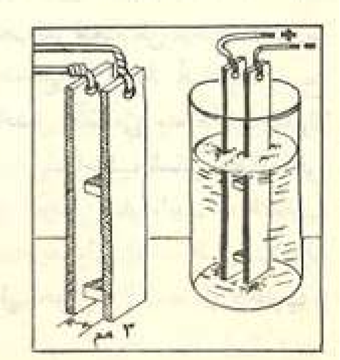
التحليل الكهربائى فى الكأس

ستعرض أكثر من مرة فى هذا الكتاب الى التجارب على الكهرباء . واليكم الآن أبسطها . وتكفى لاجرائها ثلاث أو أربع بطاريات (مركمات) كتلك التى تستعمل فى مصباح الجيب الكهربائى .

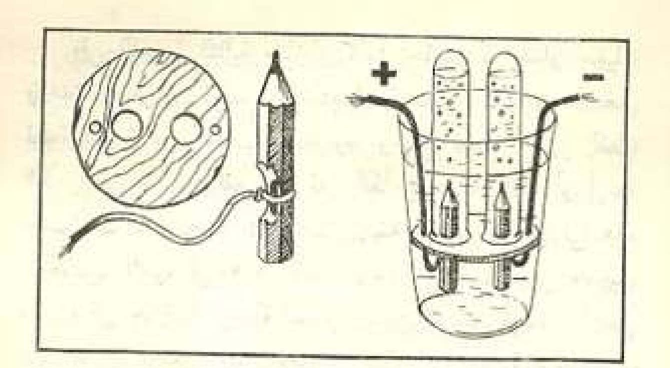
وكثيرا ما يحاول التلاميذ اجراء تجارب فى الكيمياء الكهربائية فى البيت ، ولكنها لا تنجح أحيانا لأسباب قد تكون بسيطة جدا . ومع ذلك ، فاذا اتبعتم التعليمات التى سنزودكم بها ، فتأكدوا بأن التجربة ستنجح حتما .

ولنبدأ بتجربة بسيطة جدا ولكنها مفيدة ومعبرة . وهى تحتاج الى مادة واحدة فقط وهى الحبر ، ومع ذلك فلا بد من صرف جهد قليل لتركيب الجهاز اللازم فيها .

خذ صفيحتين معدنيتين من النحاس أو الحديد أو الألومنيوم طول كل منهما ٨ — ١٠ سم وعرضها ١ — ٢ سم ، واثقب فى كل منهما ثقبا لتثبيت السلك الكهربائى . حضر قطعتين من الخشب أو البلاستيك سمك كل منهما عدة ميلمترات والصقهما . على الصفيحتين لجعلهما متوازيتين ولا تمس احداهما الأخرى .



ضع الصفيحتين فى كأس زجاجى مملوء بالماء. نقط عدة نقاط من الحبر



وحاول ألا يصبح المحلول غامق اللون (ولا يجوز أن يكون شفافا فى الوقت نفسه) . أوصل الصفيحتين عن طريق سلكين كهربائيين ببطاريتين مربوطتين على التسلسل ، أى «الموجب» مع «السالب» . لاحظ بعد مرور عدة دقائق كيف أن المحلول بين الصفيحتين يصفو تدريجيا وتتجمع فى قعر الكأس حبيبات سوداء .

تدخل فى تركيب الحبر حبيبات ملونة صغيرة جدا تكون معلقة فى الماء . فعند مرور التيار الكهربائى تتجمع هذه الحبيبات وتلتصق مع بعضها البعض وتصبح ثقيلة ولا يعود بامكانها البقاء سابحة فى الماء فتهبط الى قعر الكأس . وطبيعى أن يصبح المحلول أكثر صفاء .

ولكن ما هو السبب فى ظهور جسيمات على السطح ؟ الواقع أنه تنطلق غازات أثناء مرور التيار الكهربائى خلال المحاليل . ففى حالتنا هذه تلتقط فقاعات الغاز الجسيمات الصلبة وتحملها معها الى السطح .

وفي التجربة التالية سنأخذ كأسا زجاجيا ذا جدار سميك وقاعدته أصغر من فوهته ، وسنستعمله كحمام الكتروليتي . حضر قطعة دائرية من الخشب المضغوط واجعل قطرها مساويا لقطر الكأس فى مكان يرتفع عن قعر الكأس مسافة ثلاثة أو أربعة سنتيمترات ، ويجب أن تلتصق جيدا بجدار الكأس فى هذا المكان . اثقب فى هذه القطعة بواسطة المثقب ثقبين واسعين واثقب فى جوارهما بواسطة المخرز ثقبين ضيقين أيضا . أدخل فى الثقبين الواسعين قلمى رصاص طول كل منهما ٥ ـ ٦ سم ولهما نهاية حادة وسيقومان هنا بدور الالكترودين . انزع الخشب من النهاية الأخرى فى كل قلم ولف على الغرافيت النهاية المفتوحة من السلك الكهربائى ثم اعزلها جيدا بشريط عازل ولكى يكون العزل جيدا يفضل أن يغطى مكان الوصل بقطعة من انبوب مطاطى . والآن أصبحت جميع قطع الجهاز جاهزة ولم يبق سوى جمعها ، أى وضع القطعة الخشبية مع الالكترودين داخل الكأس .

ضع الكأس على صحن ثم اسكب فيه (أى فى الكأس طبعا) حتى أعلاه تقريبا محلولا من كربونات الصوديوم (حضر هذا المحلول باذابة ملعقتين أو ثلاث ملاعق شاى من الكربونات فى كأس من الماء) . املأ انبوبى اختبار بالمحلول نفسه . اغلق فوهة أحد الانبوبين بالابهام ثم اقلبه رأسا على عقب واغمره فى الماء بحيث لن تمر الى داخله فقاعة هواء وضعه فوق قلم الرصاص . كرر العملية نفسها مع الانبوب الثانى .

خذ ثلاث بطاريات واربطها على التسلسل ، أى القطب الموجب فى احديها مع القطب السالب للأخرى وهكذا ، ثم

اربط السلكين الآتيين من القلمين بالبطاريتين الاخيرتين . وعندها تبدأ حادثة التحليل الكهربائى فى المحلول : اذ تتوجه ايونات الهيدروجين H^+ المشحونة بشحنة موجبة الى الكاتود (المهبط) فتضم اليها هناك الالكترون وتتحول الى غاز الهيدروجين . وعندما يمتلئ الانبوب الذى يغطى القلم المتصل بالقطب السالب بالهيدروجين يمكن سحبه من الكأس واشعال الغاز فيه وهو مقلوبا ، فيشتعل بصوت مميز . وينطلق الأكسيجين عند الالكترود الموجب أى الآنود (المصعد) . اغلق فوهة الانبوب المملوء به باصبعك وهو تحت الماء ثم اسحبه من الكأس واقلبه . أدخل فيه عودا محترقا فيشتعل فورا .

وهكذا نكون قد حصلنا من الماء H_2O على الهيدروجين H_2 والأكسيجين O_2 . فلماذا اذن الصودا ؟ انها ضرورية لتسريع التجربة . فالماء النقى ينقل التيار الكهربائى بشكل سيئ جدا ، ويجرى التفاعل الكيميائى الكهربائى فيه ببطء .

يمكن بواسطة هذا الجهاز اجراء تجربة أخرى وهى التحليل الكهربائى لمحلول مشبع من ملح الطعام NaCl . ففى هذه الحالة يمتلئ أحد الانبوبين بغاز الهيدروجين عديم اللون ويتجمع فى الانبوب الآخر غاز ذو لون أخضر مصفر هو الكلور الذى يتكون من ملح الطعام . فالكلور يتخلى عن شحنته بسهولة وينطلق على الآنود .

اغلق باصبعك فوهة الانبوب الحاوى على الكلور مع قليل من محلول الملح وهو تحت الماء ، ثم اقلبه وخضه دون أن تنزع أصبعك من فوهته ، فيتكون فى الانبوب محلول الكلور أى ماء الكلور . ولهذا الماء فعل قاصر شديد . والدليل على

ذلك هو أن محلول الحبر المخفف يزول لونه باضافة هذا الماء اليه .

تتكون أثناء التحليل الكهربائى لملح الطعام مادة أخرى هى هيدروكسيد الصوديوم . وتبقى هذه المادة القلوية فى المحلول ، ويمكن التأكد من ذلك بتنقيط عدة نقاط من محلول الفينولفتالين أو دليل آخر بالقرب من الالكترود السالب .

وهكذا نكون قد حصلنا فى تجربة واحدة على الهيدروجين والكلور وهيدروكسيد الصوديوم . ولهذا السبب يطبق التحليل الكهربائى لملح الطعام على نطاق واسع فى الصناعة .

ويمكننا بواسطة التيار الكهربائى ومحلول مشبع من ملح الطعام أن نجرى تجربة ممتعة أخرى نحاول فيها أن نثقب الحديد بقلم رصاص عادى .

حضر فى صحن صغير محلولا مشبعا من ملح الطعام . اربط شفرة حلاقة بسلك مع القطب الموجب لبطارية مصباح الجيب (تقوم الشفرة بدور الآنود) . اقطع الغرافيت من النهاية الحادة لقلم الرصاص . وحاول بالأبرة أن تصنع تجويفا فى هذه النهاية كى لا يظهر الغرافيت من تحت الخشب . اصنع بالسكين حزا يصل حتى الغرافيت ويقع على بعد ٢ ـ ٣ سم من نهاية القلم . لف على الغرافيت النهاية المفتوحة من سلك كهربائى ثم اعزلها جيدا بشريط عازل واربط النهاية الأخرى للسلك بالقطب السالب للبطارية (يقوم قلم الرصاص بدور الكاتود) .

ضع الشفرة فى الصحن الحاوى على المحلول واجعل القلم يلمسها فتلاحظ كيف أن فقاعات الهيدروجين تبدأ بالانطلاق

حول القلم وستبدأ الشفرة بالذوبان لأن ذرات الحديد تكتسب شحنة كهربائية وتتحول الى ايونات تنتقل الى المحلول . وهكذا يتكون ثقب فى الشفرة بعد عشر دقائق أو خمس عشرة دقيقة . ويتكون بسرعة أكثر اذا كانت البطارية جديدة والشفرة رقيقة (٠,٠٨ ملم) . ونشير الى أن الثقب يظهر فى صفائح الألومنيوم الرقيقة خلال ثوان معدودات .

واذا أردت ثقب صفيحة معدنية رقيقة بالقلم فى مكان معين ، فمن الأفضل أن تدهنها مسبقا وتترك مكان الثقب .

أشرنا أثناء التحضير للتجربة الى ضرورة صنع تجويف فى الغرافيت . والهدف من ذلك هو منع الغرافيت من أن يمس المعدن والا انغلقت السلسلة فورا وتوقف مرور التيار ولن يحدث التحليل الكهربائى .

ويمكن اجراء الثقب بالقلم دون الاستعانة بحمام الكتروليتى (وهو الصحن الصغير فى حالتنا هذه) . ولهذا الغرض ضع الصفيحة ـ الانود على لوحة أو صحن ونقط عليها نقطة من الماء . بلل القلم الموصول بالبطارية بالملح واغمر نهايته الحادة بنقطة الماء . امسح نواتج التحليل الكهربائى بقطعة قماش من وقت لآخر ونقط نقطة جديدة . وبتكرار هذه العملية يمكن دون جهد يذكر ثقب الصفيحة المعدنية . وبالمناسبة يمكن بهذه الطريقة صنع ثقب فى سكين مقطوعة بغية تثبيت يد خشبية عليها .

وطبيعى أن بطارية واحدة لا تكفى لثقب معدن يزيد ثخنه عن الميلمتر وهنا يحتاج الأمر الى عدة بطاريات أو الاستعانة بمحول مخفض مع مقوم كذلك الذى يستعمل فى لعبة الخط الحديدى

للأطفال أو فى الجهاز المخصص للكتابة أو الرسم على الخشب بالحرق . ومهما كان مصدر التيار المستعمل وطريقة التحليل الكهربائى المتبعة، فانه يجب تغيير محلول الالكتروليت عدة مرات وتنظيف التجويف جيدا بمخرز أو مسمار .

القصدير والرصاص

ليست التجارب على المعادن ملائمة جدا لأنها تحتاج الى أجهزة معقدة ، ولكن البعض منها يمكن اجراؤه فى البيت .

ولنبدأ من القصدير . تباع فى المخازن أحيانا قضبان من فلز القصدير مخصصة للحام . خذ قضيبا منها وحاول أن تثنيه بيديك فتسمع قرقعة واضحة .

والواقع أن للقصدير بنية بلورية معينة تجعل بلوراته تحتك ببعضها البعض أثناء ثنيه وتعطى هذا الصوت . وبالمناسبة يستفاد من هذه الظاهرة لتمييز القصدير النقى عن سبائكه التى لا تعطى أى صوت عند ثنيها .

والآن سنحاول الحصول على القصدير من علب الكونسروة (علبة المحفوظات) الفارغة لأن معظم هذه العلب مطلى من داخله بطبقة من القصدير تحمى الحديد من التأكسد وتحول دون تلف المواد الغذائية داخل العلبة . وبالامكان استخلاص هذه القصدير ثم استعماله مرة ثانية .

يجب ، قبل كل شىء ، تنظيف العلبة جيدا . والغسل العادى ليس كافيا فى معظم الحالات ولهذا يصب فى العلبة محلول مركز من صودا الغسيل وتوضع على النار ليغلى المحلول فيها مدة نصف ساعة . يسكب المحلول بعد ذلك من العلبة

وتغسل ثلاث مرات بالماء . والآن يمكن اعتبارها نظيفة .

نحتاج هنا الى بطاريتين أو ثلاث بطاريات (كبطاريات مصباح الجيب الكهربائى) مربوطة على التسلسل . ويمكن ، كما أشرنا أعلاه ، استعمال مقوم مع محول أو بطارية تبلغ استطاعتها ٩ — ١٢ فولط . ومهما كان مصدر التيار المستعمل فانه يجب أن يربط قطبه الموجب بالعلبة (يجب أن يكون التماس جيدا ؛ والأفضل أن تثقب العلبة فى أعلاها ويربط السلك بالثقب ربطا جيدا) . اربط القطب السالب بقطعة حديد ، ولتكن مثلا مسمارا كبيرا منظفا حتى اللمعان . ضع الالكترود الحديدى داخل العلبة وعلقه (بالطريقة التى تناسبك) بشرط ألا يمس جدار العلبة وقعرها . اسكب فى العلبة محلولا قلويا كمحلول هيدروكسيد الصوديوم (يجب التعامل به بحذر) أو محلول صودا الغسيل . والأفضل أن يستعمل المحلول الأول ولكنه يتطلب حذرا ودقة بالغة أثناء العمل .

وبما أن المحلول القلوى سيكون ضروريا أكثر من مرة فى التجارب القادمة لذا سنذكر هنا طريقة تحضيره : أضف صودا الغسيل Na_2CO_3 الى محلول الكلس المطفأ $Ca(OH)_2$ ثم اغل المزيج . فيتكون بنتيجة التفاعل هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ وكربونات الكالسيوم أى طباشير لا يذوب عمليا فى الماء . ويكفى الآن أن يرشح المحلول بعد تبريده حتى تبقى فيه المادة القلوية فقط .

ولنعد الآن الى تجربة علبة الكونسروة .

سرعان ما تبدأ فقاعات الغاز بالانطلاق عند الالكترود الحديدى ويبدأ القصدير بالانفصال من علبة الكونسروة والتحول

تدريجيا الى المحلول . ولكن ما العمل اذا أردنا الحصول على فلز القصدير نفسه وليس على محلول منه ؟ اسحب الالكترود الحديدى من المحلول واستبدله بالكترود من الفحم يمكن سحبه من بطارية قديمة . اربط هذا الالكترود بالقطب السالب لمصدر التيار فى التجربة . وعند بدء التحليل الكهربائى يبدأ القصدير الاسفنجى بالتوضع على هذا الالكترود ، ويتم ذلك بسرعة اذا كان جهد التيار مناسبا . وقد يحصل أحيانا أن تكون كمية القصدير المستخلص من علبة واحدة قليلة . عندئذ خذ علبة أخرى وقصها بمقص خاص الى قطع صغيرة وضع هذه القطع داخل العلبة الأولى الحاوية على الالكتروليت وانتبه الى أن قطع القصدير يجب ألا تمس الالكترود الفحمى .

يمكن اعادة صهر القصدير المتجمع على الالكترود . ولهذا ، اقطع التيار واسحب الالكترود الفحمى الحاوى على القصدير الاسفنجى وضعه فى كأس من الخزف أو فى علبة معدنية نظيفة فوق النار فتلاحظ بعد فترة قصيرة أن القصدير ينصهر مكونا سبيكة متراصة .

يمكن ابقاء قسم من القصدير الاسفنجى دون صهر والاحتفاظ به لتجارب أخرى . واذا أذيب هذا القصدير فى حمض الهيدروكلوريك (تؤخذ قطع صغيرة منه ويسخن المزيج بلطف) حصلنا على محلول من كلوريد القصديو . حضر محلولا كهذا تركيزه حوالى ٧ ٪ وأضف اليه ، مع التحريك ، محلولا قلويا تركيزه أكبر بقليل ويبلغ حوالى ١٠ ٪ ، فيترسب فى البداية راسب أبيض سرعان ما يذوب فى فائض من القلوى . وتكون هنا قد حصلنا على محلول من قصديريت الصوديوم وهو الذى

تشكل فى البداية عندما قمت باذابة القصدير من العلبة . واذا كان الأمر كذلك ، فان القسم الأول من التجربة (وهو تحويل الفلز من العلبة الى المحلول) يمكن الاستغناء عنه والشروع مباشرة بتطبيق القسم الثانى وهو ترسب الفلز على الالكترود . وهذا يوفر لك وقتا كثيرا عندما تريد الحصول على كمية أكبر من القصدير .

والرصاص أسهل انصهارا من القصدير . وللتأكد من ذلك خذ بوتقة صغيرة وضع فيها عدة حبات من الخردق وسخنها على اللهب . وعندما ينصهر الرصاص ، امسك البوتقة بملقط خشبى واسحبها من فوق النار . اسكب صهارة الرصاص فى قالب من الجص أو المعدن أو فى حفرة على الرمل فتكون قد حصلت على صبة من الرصاص . واذا كلس الرصاص المصهور فى الهواء تكونت على سطحه بعد عدة ساعات طبقة حمراء من أكسيد الرصاص تسمى بالليثارج وكانت تستعمل سابقا فى تحضير الدهانات .

والرصاص ، كفلزات أخرى كثيرة ، يتفاعل مع الأحماض مزيحا منها الهيدروجين . وهو لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) المركز ، ولكنه يذوب ، وان كان ببطء ، فى حمض ضعيف كحمض الخليك مثلا .

ويعزى هذا التناقض الى أن تفاعل الرصاص مع حمض الهيدروكلوريك يؤدى الى تشكل كلوريد الرصاص $PbCl_2$ وهو صعب الذوبان ويغطى سطح الرصاص بطبقة ، تحول دون استمرار التفاعل فيما بعد . ولكن أسيتات (خلات) الرصاص $Pb(CH_3COO)_2$ التى تتكون أثناء تفاعل الرصاص مع حمض الخليك تذوب جيدا فى المحلول ولا تعيق التفاعل أبدا .

الألومنيوم والكروم والنيكل

سنجرى فى البداية تجربتين بسيطتين على الألومنيوم . وسنستخدم فيهما قطع من ملعقة ألومنيوم مكسورة . ضع قطعة من هذه القطع فى أنبوب اختبار يحوى حمضا ما ، وليكن حمض الهيدروكلوريك مثلا ، فيبدأ الألومنيوم فورا فى الذوبان مزيحا الهيدروجين من الحمض ، ويتكون عندئذ ملح الألومنيوم $AlCl_3$. ضع قطعة أخرى من الألومنيوم فى محلول مركز لمادة قلوية ولتكن الصودا الكاوية (كن حذرا أثناء التعامل بها) ، فتلاحظ أن المعدن يبدأ بالذوبان أيضا ، وينطلق الهيدروجين ؛ ولكن يتكون هنا ملح آخر هو ألومينات الصوديوم $NaAlO_2$.

ويظهر كل من أكسيد الألومنيوم وهيدروكسيد الألومنيوم خواص قاعدية وحمضية فى آن واحد ، أى أنهما يتفاعلان مع الأحماض والقلويات ولهذا يقال بأنهما أمفوتريان (مذبذبان) . وبالمناسبة ، فان مركبات القصدير هى مركبات مذبذبة أيضا ؛ ويمكنك التأكد من ذلك بنفسك طالما أنك قد حصلت على القصدير من علبة الكونسروة .

وثمة قاعدة تنص على أن الفلز يتأكسد بسرعة أكبر كلما كان أكثر نشاطا . فالصوديوم ، مثلا ، لا يجوز أبدا تركه معرضا للهواء ، بل يجب حفظه فى الكيروسين . ولكن تعرف حقيقة أخرى أيضا ، وهى أن الألومنيوم أنشط بكثير من الحديد ، مثلا ، ولكن الحديد يصدأ بسرعة بينما لا يتأثر الألومنيوم مهما تركته فى الهواء أو الماء . فهل هذه حالة استثنائية من القاعدة العامة ؟

لنجر التجربة التالية : ضع قطعة من سلك من الألومنيوم

فوق لهب مصباح غازى وثبتها فى وضع مائل بحيث يسخن الجزء الأسفل من السلك . ونحن نعرف أن الألومنيوم ينصهر فى الدرجة ٦٦٠ م . فبدلا من أن ينصهر هنا ويتساقط على المصباح نلاحظ أن الجزء المسخن من السلك يتقوس فجأة . واذا أمعنا النظر فيه شاهدنا غطاء رقيقا يوجد داخله الفلز المصهور . وهذا الغطاء ما هو الا أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 ، وهو مادة متينة ومقاومة جدا للحرارة .

والأكسيد يغطى سطح الألومنيوم بطبقة رقيقة ومتراصة ولا يترك له مجالا للتأكسد فيما بعد . وهذه الخاصة يستفاد منها فى الصناعة : اذ يطلى سطح المعدن بطبقة رقيقة من الألومنيوم فيتغطى الألومنيوم بالأكسيد الذى يحمى المعدن من التآكل والصدأ .

وسنجرى تجربة مع فلزين آخرين هما الكروم والنيكل . فبالرغم من أنهما يقعان بعيدا عن بعضهما البعض فى الجدول الدورى ، الا أنه يوجد سبب يجعلنا ندرسهما معا : فالكروم والنيكل يستعملان لتغطية وطلاء السلع المعدنية بغية منعها من الصدأ واعطائها لمعانا جميلا . ولكن كيف يمكن التمييز بين هذين الفلزين ؟

فلنحاول اجراء التحليل التالى : اقطع قطعة طلاء من مادة قديمة واتركها فى الهواء عدة أيام كى تتغطى بطبقة من الأكسيد ثم ضعها فى أنبوب يحوى حمض الهيدروكلوريك المركز (انتبه كى لا يسقط الحمض على اليدين أو الثياب) . فاذا كان الطلاء من النيكل بدأ فورا بالذوبان فى الحمض مكونا الملح $NiCl_2$ ، وينطلق الهيدروجين عندئذ . أما اذا كان الطلاء

من الكروم فلن يطرأ أى تغير فى البداية ولكن يبدأ الفلز بعد فترة بالذوبان فى الحمض مكونا كلوريد الكروم $CrCl_3$.
اسحب قطعة الطلاء من الحمض بملقط معدنى واغسلها بالماء ثم اتركها لتجف فى الهواء . وبعد يومين أو ثلاثة أيام يمكن ملاحظة الفعل نفسه .

وتعليل ذلك هو أنه تتكون على سطح الكروم طبقة رقيقة جدا من الأكسيد تحول دون تفاعل الحمض مع الفلز ، ومع أن هذه الطبقة تذوب فى الحمض الا أن ذوبانها يكون بطيئا فيه . ويعود الكروم ويتغطى فى الهواء بطبقة من لأكسيد أيضا . أما النيكل ، فليست لديه طبقة واقية كهذه .

تجارب على سلك نحاسى

تخصص للنحاس بندا منفردا لأن التجارب عليه عديدة وممتعة .

اصنع من سلك نحاسى لوليا صغيرا وثبته على حامل خشبى (يمكن لفه على قلم رصاص وترك نهايته الحرة بطول كاف) .

سخن اللولب على النار فيتغطى سطحه بطبقة سوداء من أكسيد النحاس CuO . واذا غمرت السلك المسود فى حمض الهيدروكلوريك المخفف تلون السائل بلون أزرق وأصبح سطح المعدن من جديد أحمر ولماعا . والحمض ، اذا لم يكن ساخنا ، لن يؤثر على النحاس ، ولكنه يذيب أكسيده محولا اياه الى الملح $CuCl_2$.

والسؤال هنا هو أنه اذا كان أكسيد النحاس أسود ، فلماذا

تتغطى الأدوات والسلع النحاسية والبرونزية القديمة بطبقة خضراء وليست سوداء ، وما هى هذه الطبقة ؟

حاول أن تحصل على سلعة نحاسية قديمة (كشمعدان أو صحن أو قطعة نقود) . اقشط من على سطحها قليلا من الطبقة الخضراء وضعه فى انبوب اختبار . اغلق فوهة الانبوب بسدادة مزودة بانبوب لتصريف الغاز واغمس نهاية الانبوب الأخرى فى ماء الكلس (تعلم الآن كيف تحضره) . سخن الانبوب . فتظهر على جدرانه قطرات من الماء ، وتنطلق من الانبوب فقاعات من غاز يعكر ماء الكلس . فهو اذن ثانى أكسيد الكربون . ويبقى فى الانبوب مسحوق أسود يعطى عند ذوبانه فى الحمض محلولا أزرق اللون . وأظنك حزرت الآن بأن هذا المسحوق هو أكسيد النحاس .

وهكذا نكون قد تعرفنا على نواتج تفكك الطبقة الخضراء وبقى أن نكتب صيغتها وهى كما يلى : $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (كربونات النحاس القاعدية) وهى تتكون على سطح القطع والأدوات النحاسية نظرا لأن الهواء يحتوى دوما على أبخرة الماء وثانى أكسيد الكربون .

ويصادف هذا الملح فى الطبيعة أيضا وهو المعدن المشهور باسم المالاخيت .

سنعود مرة أخرى الى الحديث عن هذه الطبقة الخضراء وعن المالاخيت فى فصل آخر . أما الآن ، فسنوجه اهتمامنا الى السلك النحاسى المسود . أفلا يجوز أن يعاد اليه لمعانه السابق دون الاستعانة بالحمض ؟

صب فى أنبوب اختبار هيدروكسيد الأمونيوم . سخن السلك

النحاسى حتى الاحمرار ثم اغمسه فى المحلول السابق فتحدث قرقعة ويصبح السلك أحمر ولماعا . وهنا يحدث فى لحظة واحدة تفاعل يؤدى الى تشكل النحاس والماء والنتروجين (الآزوت) . وعندما تعاد التجربة عدة مرات يتلون هيدروكسيد الأمونيوم الموجود فى الانبوب بلون أزرق . وفى الوقت نفسه يحدث تفاعل آخر يدعى تفاعل تشكل المعقد ، أى يتكون المعقد النحاسى ذاته الذى ساعدنا سابقا على الكشف عن النشادر من اللون الأزرق لمزيج التفاعل .

ونشير ، بالمناسبة ، الى أن قدرة مركبات النحاس على التفاعل مع هيدروكسيد الأمونيوم كانت معروفة منذ زمن بعيد وحتى قبل ظهور علم الكيمياء . فقد كانت الأدوات النحاسية والبرونزية تنظف بمحلول النشادر . ولا تزال ربات البيوت تستعمل هذه الطريقة حتى الآن . ولتحسين الفعل التنظيفى تضاف الى المحلول قطع من الطباشير تزيل الأوساخ بالاحتكاك وتمتصها من المحلول .

واليكم التجربة التالية : ضع فى انبوب اختبار قليلا من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الذى يستعمل أثناء اللحام . اجعل اللولب النحاسى المتوهج يلمس طبقة المادة التى تغطى قعر الانبوب ، فتحدث قرقعة وينتشر دخان أبيض ناجم عن تطاير جسيمات كلوريد الأمونيوم ويعود اللولب الى لمعانه النحاسى الأصلى . وتتكون نتيجة التفاعل الحادث هنا النواتج نفسها التى تكونت فى التجربة السابقة بالاضافة الى كلوريد النحاس $CuCl_2$.

وبالنظر الى هذه الخاصة بالذات ، أى اختزال فلز النحاس من الأكسيد ، يستعمل كلوريد الأمونيوم فى عملية اللحام .

فكاوية اللحام تصنع عادة من النحاس الذى ينقل الحرارة جيدا . وعندما يتأكسد طرف الكاوية الحاد يفقد النحاس قدرته على التمسك بسبيكة القصدير ولكن اضافة قليل من كلوريد الأمونيوم تجعل الأكسيد يختفى فورا .

وننهى تجاربنا على السلك النحاسى بالتجربة التالية : اسكب فى انبوب اختبار قليلا من الكولونيا (الأفضل منها الكحول النقى) واغمس فيها سلك النحاس المتوهج . وأظن أن نتيجة التجربة واضحة الآن بالنسبة لك : فالسلك قد تحرر تماما من طبقة الأكسيد . وهنا يحدث تفاعل عضوى معقد : اذ يختزل النحاس ويتأكسد الكحول الاتيلى الموجود فى الكولونيا متحولا الى مادة تدعى الأسيتالدهيد . وهذا التفاعل لا يستعمل أبدا فى البيوت ، ولكنه يطبق أحيانا فى المخابر عندما يراد الحصول على الألدهيد من الكحول .

وبهذا نكون قد أنهينا التجارب الأولية التمهيدية .

والآن وبعد أن تعودتم على التجارب الكيميائية فقد حان الوقت للقيام بتجارب أكثر جدية واذا كنت تجرى التجارب فى البيت ، فلا شك بأنك أصبحت تقتنى بعض الأوانى والأدوات والكواشف الضرورية وعليه ، دعنا نلقى نظرة داخل خزانة المطبخ .

لننظر داخل خزانة المطبخ

ما أن بدأ الانسان يحضر غذاءه حتى أصبح ، دون ارادته ، كيميائيا . ففى الأوانى الفخارية والبراميل الخشبية وفى الطناجر وعلى المقلاة تجرى عمليات كيميائية وكيميائية حيوية معقدة . ولم تكن هذه العمليات واضحة ومع ذلك فقد استمر الناس يطبخون ويسلقون ويصنعون مختلف المخللات والموالح وغيرها . ولكن الكثير من هذه العمليات أصبح مدروسا فى الوقت الحاضر . ويمكننا اجراء البعض منها (البسيطة طبعا) فى مختبر المنزل .

وتمتاز تجارب هذا الفصل بأن المواد الضرورية لاجرائها موجودة فى خزانة المطبخ أو الثلاجة (البراد) أو يمكن شراؤها فى مخزن بيع المواد الغذائية . وستحتاج فى هذه التجارب الى كميات قليلة من المواد ولكن اذا صدف واشتريت كمية من هذه المادة أو تلك أكبر من الكمية اللازمة للتجربة ، فلا تقلق لذلك ، فالكمية الباقية ستستفيد منها دائما فى مجالات أخرى ولن تضيع سدى .

ان أهم مادة فى الطعام هى البروتين . فالبروتين أساس كل شىء حى وهو « مادة البناء » لكل جسم حى ويقوم آلاف البحاثة فى مختلف أنحاء العالم حاليا بدراسة البروتين وخواصه . ولا أظن أننا سنكتشف أشياء جديدة فى تجاربنا المقبلة ولكن المهم أن نبدأ .

التجربة الأولى هى تفاعل نوعى للبروتين ، أى تفاعل يسمح بالتأكيد على أن المادة الموجودة أمامنا هى بروتين أم لا . وثمة عدة تفاعلات من هذا النوع . وسنختار واحدا منها يحتاج الى محلول من صودا الغسيل (أو الصودا الكاوية) ومحلول كبريتات النحاس المائية .

حضر عدة محاليل تفترض أنها تحتوى على البروتين ولتكن مثلا مرق اللحم أو السمك (يفضل أن يرشح خلال قطعة من الشاش) أو الخضار أو الفطور أو غيرها . اسكب هذه المحاليل فى أنابيب اختبار بحيث تملأها حتى منتصفها تقريبا ثم أضف اليها قليلا من محلول مادة قلوية هى صودا الغسيل أو الصودا الكاوية (يفضل غلى محلول الصودا وتركه ليستقر ويبرد فترة من الزمن) وأخيرا أضف محلول كبريتات النحاس الأزرق . ففى حال وجود البروتين فى المرق يتحول اللون فورا الى لون بنفسجى . ويقال عن مثل هذه التفاعلات بأنها تفاعلات مميزة لأنها لا تحدث الا عندما يوجد البروتين فعلا فى المحلول . والمقارنة يمكن اجراء تجربة مماثلة على عصير الليمون أو البرتقال أو على ماء معدنى أيضا .

والكل يعلم أن البروتين يتجمد أو يتخثر أثناء التسخين ويتحول الى شكل لا يذوب فى الماء . فالبيضة النيئة مثلا تصبح جامدة عند تسخينها . وتسمى هذه الظاهرة فى لغة الكيمياء بمسخ البروتين . وكل ربة بيت تعرف أنه لتحضير مرق طيب من اللحم يجب وضع قطع اللحم أولا فى ماء بارد

ثم تغليته لمدة طويلة ، أما اذا أرادت سلق اللحم فقط فتضع قطع اللحم الكبيرة فى الماء الغالى مباشرة . فهل لهذا التصرف تعليل كيميائى ؟ سنحاول بحث ذلك .

اسكب ماء باردا فى انبوب اختبار وضع فيه قليلا من اللحم المفروم النىء ثم سخن محتويات الانبوب . لاحظ أنه يتكون أثناء التسخين (وبكمية كبيرة) غثاء يطفو على السطح ويجب سحبه من وقت لآخر كى لا يفسد طعم المرق وشكله . وهو عبارة عن بروتين متخثر . وعند متابعة التسخين تنتقل تدريجيا المواد الذوابة فى الماء من اللحم الى المحلول ، وتسمى هذه المواد بالمستخلصات لأنها تستخلص من اللحم عن طريق الماء الغالى . وهذه المواد هى التى تعطى المرق طعمه الخاص به . ويسوء طعم اللحم الذى يخلو من هذه المواد .

والآن اغل الماء سلفا فى انبوب آخر ثم ضع فيه اللحم النىء . فما أن يلمس اللحم الماء حتى يتغير لونه فورا ولن يظهر على السطح سوى قليل من الغثاء . فالبروتين الذى كان موجودا على سطح اللحم يتخثر بفعل الحرارة العالية ويسد المسامات الكثيرة الواقعة عليه ولن يعد بامكان المواد المستخلصة ، بما فى ذلك البروتين ، الانتقال الى المحلول . اذن ، فهى ستبقى داخل اللحم ، وسيصبح المرق هنا أسوأ منه فى الحالة الأولى .

والبروتين لا يمسخ ولا يتخثر أثناء التسخين فقط . وللتأكد من ذلك ، اسكب فى أنبوب اختبار قليلا من الحليب الطازج ونقط فيه نقطتين من الخل أو محلول حمض الليمون فيتخثر الحليب فورا ، أو بعبارة أدق يتخثر البروتين الموجود فيه . ونشير هنا الى أن هذا التفاعل لا بد منه عند تحضير القريشة (اللبنة) ،

وليس صدفة أن تكون القريشة مغذية ومفيدة لأن البروتين الموجود فى الحليب ينتقل كله تقريبا اليها .

وعندما يوضع الحليب فى مكان دافىء يتخثر البروتين الموجود فيه أيضا . ويعود ذلك الى سبب آخر يختلف عن السبب السابق وهو أن البكتريا هى التى تقوم بذلك فعددها كبير جدا وجميعها يفرز حمض اللكتيك (حمض اللبن) حتى ولو كانت لا تتغذى بالحليب . رشح قليلا من الحليب المخثر وأضف الى الخثارة بضع نقاط من دليل ما صنعته بنفسك . عندئذ سيدل الدليل على أن المحلول سيحتوى على حمض ما هو الا حمض اللكتيك الذى يمكن اكتشافه فى المحلول الملحى للمخللات .

والى جانب الكربون والهيدروجين والأكسيجين والنتروجين يدخل فى تركيب بعض الجزيئات البروتينية الكبريت أيضا . ويمكننا التأكد من ذلك تجريبيا : ضع قليلا من بياض البيض فى أنبوب يحتوى على محلول الصودا الكاوية أو صودا الغسيل . وبعد التسخين أضف الى المزيج قليلا من محلول أسيتات (خلات) الصوديوم القاعدية $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. فاذا اسودت محتويات الانبوب دل ذلك على وجود الكبريت فيه . ويعود السبب الى تشكل كبريتيد الرصاص PbS ، وهو مادة سوداء اللون .

وأخيرا سنقوم بتحضير صمغ بروتينى حقيقى ، وهو صمغ الكازئين (الكاسين) الذى لا يزال يستعمل حتى الآن بالرغم من توفر أنواع كثيرة جدا من الصموغ الاصطناعية . والكازئين هو المادة الاساسية فى القريشة ، وعليه ، فسنحضر الصمغ من الحليب أو ، بعبارة أدق ، من المواد البروتينية الموجودة فيه :

افصل الخثارة من اللبن الرائب بالترشيح . واغسل ما تبقى

على ورقة الترشيح عدة مرات بالماء لفصل الشوائب العالقة عليه واتركه ليجف . وبعد ذلك اغسل الكتلة الناتجة بالبنزين ثم جففها مرة أخرى . والغرض من ذلك هو التخلص من دسم الحليب (يذوب هذا الدسم فى البنزين) . وبعد أن تجف الكتلة تماما اسحقها فى الهاون فتحصل بذلك على مسحوق الكازئين .

ولا يبقى لصنع الصمغ منه سوى أن يخلط هذا المسحوق مع هيدروكسيد النشادر والماء بنسبة ١:١:٣ . وطبيعى أنك سترغب الآن فى اختبار فعالية هذا الصمغ . اذن حاول أن تلصق به قطعا خشبية أو من الخزف ، فهو يصلح جيدا لهذه المواد .

تجارب على الكربوهيدرات

تشكل الكربوهيدرات مع البروتينات والمواد الدسمة القواعد الأساسية التى يقوم عليها غذاء الانسان . فالغلوكوز والفركتوز والنشاء وعشرات الكربوهيدرات الأخرى تتكون باستمرار و« تحترق » (تتأكسد) فى الخلايا النباتية والحيوانية وتقوم بتموين الجسم بما يلزمه من الطاقة .

وبالرغم من تباين الكربوهيدرات ، الا أن لها خواص مشتركة تساعد على اكتشافها حتى ولو كانت بكميات قليلة جدا . ويعتبر تفاعل موليش اللونى طريقة مضمونة للكشف عنها .

اسكب فى انبوب اختبار ١ سم^{3} من الماء وارم فيها عدة حبات من السكر ونتفة من ورقة ترشيح (سليولوز) . والآن أضف نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول كحولى للريزورسين

أو التيمول (تباع هاتان المادتان فى الصيدلية) . أمل الانبوب قليلا واسكب على جداره بحذر ١ – ٢ سم^{3} من حمض الكبريتيك المركز . (كن حذرا أثناء التعامل بهذا الحمض وانتبه كي لا يسقط على الجسم أو اللباس) . ثبت الانبوب فى وضع شاقولى ولاحظ كيف أن الحمض الثقيل يغوص الى القعر وتظهر على الحد الفاصل بينه وبين الماء حلقة جميلة واضحة لونها أحمر أو وردى أو بنفسجى .

واذا أعطت مادة مجهولة التركيب هذه الحلقة فى تفاعل موليش أمكن القول بأنها حتما من الكربوهيدرات . ولكن لا تنس أن هذا التفاعل حساس جدا وأن وجود أية حبة أو شعرة مهما كانت صغيرة على جدار الانبوب قد تسبب الفعل ذاته . ولهذا يجب غسل الانبوب جيدا وشطفه بالماء المقطر قبل اجراء الكشف .

والآن ، وبعد أن اتقنت طريقة التعرف على الكربوهيدرات ننتقل الى النشاء الذى يعتبر من أشهر الكربوهيدرات . وفى البداية ستتعلم كيف يحضر النشاء المطبوخ أى المحلول الغروانى للنشاء فى الماء . اسكب فى طنجرة صغيرة قليلا من الماء البارد وأضف اليها النشاء بمعدل ملعقتين صغيرتين لكل كأس ماء (مع الأخذ بعين الاعتبار الماء الذى ستضيفه فيما بعد) . اخلط المزيج جيدا فتحصل على ما يسمى بحليب النشاء . أضف اليه أثناء تحريكه ماء غاليا وتابع التحريك ثم سخنه على النار حتى يصبح المحلول شفافا . اتركه ليبرد فتحصل على النشاء المطبوخ الذى يعتبر مادة لاصقة جيدة للورق .

ذكرنا سابقا أن النشاء يزرق فى وجود اليود الحر . وسنستفيد

من هذه الخاصة فيما بعد ولكن انتبه الى أن محلول اليود يجب أن يكون ضعيفا جدا . وبالمناسبة يمكن الاستفادة من هذا المحلول في الكشف عن النشاء في مختلف المواد الغذائية .

وبعد أن نحضر أنبوب اختبار يحوى محلولا ضعيفا من اليود سنراقب التحولات التي تطرأ على النشاء . وسنحاول أن نحضر الغلوكوز من النشاء المطبوخ .

تتحلمأ جزيئات النشاء الضخمة بفعل الماء وتتفكك الى جزيئات أصغر . ففى البداية يتكون نشاء ذواب ثم ديكسترين فسكريد ثنائى هو المالتوز وأخيرا يتفكك المالتوز ويتكون الغلوكوز أى سكر العنب .

أضف الى نصف كأس من النشاء المطبوخ ملعقة أو ملعقتين صغيرتين من حمض الكبريتيك المركز (تركيزه ١٠ ٪ تقريبا) . انتبه عند تخفيف حمض الكبريتيك أنه يجب سكب الحمض فى الماء وليس العكس .

اترك مزيج النشاء المطبوخ مع الحمض يغلى فى طنجرة صغيرة وحاول أن تعوض الماء المتبخر باضافة قليل من الماء الى المزيج . خذ من وقت لآخر بالملعقة عينة من السائل وبردها قليلا ثم نقط عليها محلول اليود المخفف . فالنشاء ، كما تعلمون ، يعطى مع اليود لونا ازرق بينما يعطى الديكسترين معه لونا بنيا أحمر أما المالتوز والغلوكوز ، فلا يتلونان أبدا . وهكذا سيتغير لون العينات أثناء الحلمأ تدريجيا حتى يختفى نهائيا ويتوقف تأثير اليود على المحلول . عندئذ يجب وقف التسخين والأفضل أن يستمر عدة دقائق أخرى بعد ذلك حتى يتفكك المالتوز كليا .

وبعد الغليان يترك السائل ليبرد قليلا ثم يضاف اليه مع التحريك حوالى ١٠ غم من مسحوق الطباشير لتعديل حمض الكبريتيك كليا . وسيرغو المزيج لأن ثانى أكسيد الكربون ينطلق أثناء تفاعل الحمض مع الطباشير . وبعد انتهاء الارغاء يوضع السائل المصفر الناتج فوق نار هادئة كى يتبخر ثلثاه تقريبا ثم رشحه وهو ساخن خلال عدة طبقات من الشاش وبخر السائل الآن بهدوء على حمام مائى ، فتحصل على كتلة لزجة حلوة يشكل الغلوكوز المادة الأساسية فيها . وهكذا تقريبا تجرى العمليات فى مصانع النشاء .

والغلوكوز ضرورى للانسان ، وهو واحد من أهم مصادر الطاقة . ففى الخبز والبطاطس والمعكرونة يوجد غالبا النشاء الذى يتحول فى جسم الانسان الى غلوكوز بفعل الخمائر أو الأنزيمات .

وفى تجربتنا لم يستهلك حمض الكبريتيك فى التفاعل وانما لعب دور الوسيط (الحفاز) ، أى المادة التى تعجل التفاعل . ولكن الفعل الحفزى للأنزيمات الطبيعية أقوى بكثير وأكثر انتقائية . والأنزيمات كثيرة جدا ولكل منها قطاع عمل ضيق خاص به . فانزيم الاميلاز الموجود فى اللعاب مثلا يمكنه تحويل النشاء الى مالتوز . ولنراقب فعل هذا الانزيم .

غرغر فمك بماء مقطر (يمكنك استعمال الماء المغلى فى حال غياب الماء المقطر) لفترة دقيقة فتحصل على محلول اللعاب . رشح هذا المحلول وامزجه مع كمية مماثلة من النشاء المطبوخ . انقل المزيج الى انبوب اختبار ثم ضع الانبوب فى كأس يحوى ماء درجة حرارته حوالى ٤٠°م . خذ من وقت

لآخر عينة وجرب عليها فعل اليود . لاحظ أن تغير اللون هنا يطابق تماما تغير اللون أثناء الحلمأة بواسطة حمض الكبريتيك ولكن التفاعل هنا أسرع . وبعد مرور ربع ساعة على الأكثر يتحلمأ النشاء متحولا الى مالتوز وينتهى تأثير اليود عندئذ .

واليك تجربة أبسط بكثير : حاول أن تمضغ لفترة قطعة من الخبز فتشعر فى النهاية أن طعمها أصبح حلوا الى حدما ، وسبب ذلك هو أن أنزيم الأميلاز (الموجود فى اللعاب) يحول النشاء الموجود فى الخبز الى مالتوز .

سكر من النشارة

سميت الكربوهيدرات (أى ماءات الكربون) بهذا الاسم خطأ . وقد حدث ذلك فى أواسط القرن الماضى . وعندما كان يعتقد أن جزىء أية مادة سكرية توافقه الصيغة $C_m(H_2O)_n$. وانطبقت هذه القاعدة على جميع الكربوهيدرات (ماءات الكربون) التى كانت معروفة فى ذلك الحين . فصيغة الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ مثلا كانت تكتب كما يلى $C_6(H_2O)_6$.

ولكن الوضع تغير فيما بعد ، فقد اكتشفت مواد سكرية أخرى لم تعد القاعدة السابقة تنطبق عليها . فالرامنوز مثلا ، وهو من الأفراد البارزة بين الكربوهيدرات (يحقق تفاعل موليش أيضا) ، يملك الصيغة التالية $C_6H_{12}O_5$. وبالرغم من أن عدم الدقة فى تسمية هذه الفصيلة من المركبات كان واضحا للعيان الا أن مصطلح «الكربوهيدرات» ترسخ كثيرا واعتاد عليه الجميع وتركوه على حاله . ونذكر بالمناسبة أن كثيرا من الكيميائيين

يفضلون فى الوقت الحاضر تسمية أخرى هى «السكريات» أو «السكاكر» :

سنحاول الحصول على سكر من هذه «السكاكر» من نشارة الخشب بواسطة الحلمأة ، أى التفكك بالماء ، التى تعتبر من العمليات الكيميائية الواسعة الانتشار جدا . تحتوى نشارة الخشب وغيرها من النفايات الخشبية على كربوهيدرات هو السليولوز ومن هذا السليولوز يحصل فى المصانع على الغلوكوز الذى يستعمل فيما بعد لأغراض شتى ، وغالبا يخمر ويحول الى كحول يدخل كمادة أولية فى اصطناعات كيميائية شتى .

وقبل أن نجرى عملية حلمأة الخشب سنحاول فهم جوهرها وطبيعتها . ولتسهيل ذلك ، يفضل أن نبدأ بتجربة على الخيار ، وليس على نشارة الخشب .

اغسل خيارة طازجة وابرشها ثم اعصرها . وبامكانك ترشيح العصير الناتج الا أن ذلك ليس ضروريا .

حضر فى انبوب اختبار هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$. ولهذا الغرض أضف نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول كبريتات النحاس الى ٠,٥ — ١ ملل من محلول هيدروكسيد الصوديوم . أضف الى الراسب الناتج حجما مماثلا من عصير الخيار . وخض الانبوب ، فيذوب الراسب ويتكون محلول أزرق اللون . ويعتبر هذا التفاعل تفاعلا مميزا للكحولات متعددة الهيدروكسيل .

والآن سخن الانبوب الحاوى على المحلول الأزرق حتى الغليان ، فيصفر المحلول فى البداية ثم يصبح برتقالى اللون . وبعد تبريده يترسب راسب أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O . وهذا التفاعل خاص بفصيلة أخرى من المركبات العضوية تسمى

بالألدهيدات . اذن ، توجد فى عصير الخيار مادة عبارة عن ألدهيد وكحول فى آن واحد . وهذه المادة هى الغلوكوز الذى يمكن القول عنه استنادا الى بنيته بأنه كحول ألدهيدى . ويعزى اليه الطعم الحلو قليلا عند الخيار .

وأظنك فهمت بأن هذه التجربة يمكن أن تجرى على غير عصير الخيار ، فهى تتحقق جيدا مع أنواع أخرى من العصير كعصير العنب أو عصير التفاح أو غيرها .

والآن سنجرى تجربة تمهيدية أخرى على عود من الخشب .

حضر محلولا من حمض الكبريتيك (اسكب فى حجم واحد من الماء حجما مماثلا من حمض الكبريتيك المركز . واياك أن تسكب الماء على الحمض) . ارم فى الانبوب الحاوى على هذا المحلول عودا من الخشب ثم سخن المحلول حتى الغليان فيتفحم العود عندئذ ، ولكن هذا لا يضر بالتجربة .

وبعد التسخين انقل العود من هذا الانبوب الى انبوب آخر يحوى ١ — ٢ ملل من الماء ثم اغل المحلول ، فتحصل الآن على الغلوكوز فى الانبوبين . وللتأكد من ذلك تضاف الى كل من المحلولين نقطتين أو ثلاث نقاط من كبريتات النحاس ثم يضاف هيدروكسيد الصوديوم فيظهر عندئذ اللون الأزرق المألوف . وعند غلى هذا المحلول يتكون ، كما توقعنا ، راسب أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O وهكذا نكون قد كشفنا عن الغلوكوز . ان الحصول عليه من عود الخشب يعنى أن السليولوز (تبلغ نسبته فى الخشب حوالى ٥٠ ٪) قد تحلمأ . وكما هو الحال أثناء حلمأة النشاء ، فان حمض الكبريتيك لا يستهلك فى هذه العملية وانما يلعب دور الوسيط (الحفاز) فقط .

وأخيرا وصلنا الى التجربة الأساسية التى جاءت عنوانا لهذه الفقرة ، وهى الحصول على السكر من نشارة الخشب:

ضع فى جفنة من البورسلين ثلاث ملاعق من نشارة الخشب وبللها بالماء . أضف بعد ذلك قليلا من الماء أيضا وكمية مماثلة من محلول معد سلفا من حمض الكبريتيك (١:١) . اخلط المزيج جيدا . غط الجفنة وضعها فى فرن موقد المطبخ الغازى لمدة ساعة أو أقل من ذلك بقليل .

اسحب الجفنة من الفرن بعد ذلك واملأها بالماء ثم حرك المزيج ورشح المحلول وعدل الرشاحة باضافة ماء الكلس اليها حتى يتوقف انطلاق فقاعات من ثانى أكسيد الكربون . وللتأكد من انتهاء التعديل يمكن استعمال ورقة عباد الشمس ، أو أى دليل من الأدلة التى حضرتها بنفسك . ولا داع لاضافة الدليل الى الكتلة المتفاعلة مباشرة ، وانما يمكن أخذ عدة نقاط منها ووضعها على صفيحة من الزجاج أو فى انبوب اختبار صغير .

اسكب محتويات الجفنة فى زجاجة . خض السائل فيها ثم اتركه ليستقر عدة ساعات . وستلاحظ بعد ذلك أن كبريتات الكالسيوم التى تكونت أثناء تعادل الحمض تترسب فى قعر الزجاجة ويبقى محلول الغلوكوز فوقها . انقله بحذر (يفضل لذلك أن يسكب المحلول على قضيب زجاجى) الى جفنة نظيفة ثم رشحه .

وبقيت مرحلة أخيرة ، وهى تبخير الماء على حمام مائى ، وتظهر بعدها على قعر الجفنة بلورات من الغلوكوز ذات لون أصفر فاتح :

وهكذا نكون قد قمنا بأربع عمليات هي طبخ النشارة مع محلول حمض الكبريتيك وتعديل الحمض والترشيح والتبخير . والحقيقة أن هذه العمليات بالذات هي التي تطبق في المصانع للحصول على الغلوكوز ولكن في أوان أخرى غير الجفنات البورسلينية طبعا . وثمة عملية صناعية أخرى يمكننا تنفيذها دون أية صعوبة وهي تحويل نوع واحد من السكر الى نوعين آخرين .

كثيرا ما تتسكر (أي تتحول الى سكر) المربيات المصنوعة في البيت عند حفظها وقتا طويلا ويعزى ذلك الى أن السكر يتبلور وينفصل من العصير . ولكن ، نادرا ما يحدث الأمر ذاته مع المربيات التي تباع في المخازن . والواقع أنه تستعمل في مصانع تحضير المربيات ، الى جانب سكر القصب أو سكر الشوندر ، مواد سكرية أخرى مثل السكر المنقلب . وستعرفون من التجربة التالية ما هو السكر المنقلب وما هو تأثيره .

اسكب في انبوب اختبار أو كأس زجاجي ١٠ ــ ٢٠ غم من محلول ضعيف من السكر وأضف ليها بضع نقاط من حمض الهيدروكلوريك المخفف . سخن المحلول بعد ذلك على حمام من الماء الغالي لمدة ١٥ دقيقة ثم عادل الحمض بكربونات المغنسيوم $MgCO_3$. (يباع في الصيدليات ملح المغنسيا الأبيض وهو ذو تركيب أعقد من تركيب كربونات المغنسيوم ولكنه يصلح للمعادلة) واذا لم يتوفر لديك هذا أو ذاك فبامكانك أن تستعمل صودا الخبيز $NaHCO_3$ ولكن سيبقى عندئذ في المحلول ملح الطعام الذي لا ينسجم مع السكر .

اترك السائل ليستقر بعد أن يتوقف انطلاق فقاعات من ثاني أكسيد الكربون . واستعن بدليل من الأدلة المتوفرة لديك

للتأكد من تمام تعادل الحمض . افصل السائل الرائق وتذوقه قليلا فتشعر بأنه أقل حلاوة من المحلول الأصلي (احتفظ ، للمقارنة ، بقليل من محلول السكر الأصلي) .

لم يبق السكروز عمليا في المحلول الجاهز ، ولكن ظهرت عوضا عنه ، مادتان جديدتان هما الغلوكوز والفركتوز . وهذه العملية هي التي تسمى بانقلاب السكر ، كما يسمى المزيج الناتج بالسكر المنقلب .

والطريف هنا هو أنك لا تشعر أبدا بحدوث تفاعل أثناء هذا التحول : فلون المحلول وحجمه لا يتغيران ووسط المحلول يبقى كما كان عليه في السابق . ولا تنطلق غازات ولا تظهر رواسب . ومع ذلك فالتفاعل يجري ، ولكن الكشف عنه يحتاج الى أجهزة ضوئية . فالسكريات مواد فعالة ضوئيا ، بمعنى أن شعاع الضوء المستقطب يغير اتجاه الاستقطاب عندما يمر خلال محاليلها . ويقال بأن السكريات تحرف مستوى الاستقطاب بزاوية معينة في هذا الاتجاه أو ذاك . فالسكروز ، مثلا ، يحرف مستوى الاستقطاب نحو اليمين ، بينما يحرفه الغلوكوز والفركتوز ونواتج حلمأته نحو اليسار . ومن هنا جاءت كلمة « انقلاب » السكر .

ولكن ، بما أنه ليس في حوزتك أجهزة ضوئية ، فسنحاول بطريقة كيميائية التحقق من أن السكر المأخوذ يتعرض لتغيرات فعلا : أضف الى كل من محلولي السكر الأصلي والناتج بضع نقاط من محلول أزرق الميثيلين (يمكن أن تأخذ الحبر الأزرق عوضا عنه) وقليلا من محلول ضعيف لمادة قلوية . سخن المحلولين على حمام مائي . لاحظ أنه لن يطرأ أي تغيير في

الانبوب الحاوى على السكر العادى بينما تصبح محتويات الانبوب الحاوى على السكر المنقلب عديمة اللون تقريبا .

والسكر المنقلب أقل ميلا الى التبلور من السكر العادى . فاذا بخرنا محلوله بحذر على حمام مائى حصلنا على سائل لزج يشبه العسل الى حد ما ، ولا يتبلور بعد التبريد .

ونقول بالمناسبة أن عسل النحل المحبوب للجميع مؤلف من كربوهيدرات كالسكر المنقلب ، أى من الغلوكوز والفركتوز وتصل نسبتها فيه الى ٧٥ ٪ . كما ويصنع العسل الاصطناعى من السكر المنقلب أيضا . وطبيعى أن يختلف السائل اللزج الذى حصلنا عليه عن العسل وبالاخص لكونه عديم الرائحة ولكن يكفى أن نضيف اليه قليلا من العسل الطبيعى حتى يزول الاختلاف نهائيا .

فلماذا ، اذن ، لا نحضر فى البيت كميات كبيرة من هذا السائل غير المتبلور كى نطبخ فيها المربيات المختلفة ؟ الواقع أن تنقيته تماما من الشوائب والمواد الغريبة أمر صعب ، وليست هناك ضمانة فى امكانية تحقيقها بشكل كامل . وعلى كل حال فلا داع للمخاطرة .

فنجان من الشاى

من الطبيعى أن ننتقل الى الشاى بعد حديثنا عن العصير والمربى والعسل . وسنستخلص منه المادة التى تنشط الجسم وتنعش النفس ألا وهى الكافئين (اكتشفت هذه المادة أولا فى حبات القهوة وهى موجودة فيها بنسبة أكبر منها فى أوراق الشاى) .

وزيادة فى الدقة نقول أن الشاى يحوى عدة مواد منشطة غير الكافئين مثل الفيتامينات والزيوت الاثيرية وغيرها ولكن الدور الرئيسى بينها يعود الى الكافئين الذى ينتمى الى فصيلة أشباه القلويات أو القلوانيات (وهى فصيلة كبيرة من المواد العضوية الحاوية على النتروجين ويدخل فى عدادها النيكوتين الموجود فى التبغ والبابافارين الموجود فى الخشخاش وغيرها) .

تحتاج التجربة الى بوتقة من المعدن أو الخزف (ويمكن أن يستعمل أى وعاء معدنى مناسب بشرط ألا يكون مسطحا وأن يكون ذا جدار مرتفع كما فى الكأس الزجاجى مثلا) . ضع فى هذه البوتقة أو الوعاء ملعقة صغيرة من مسحوق الشاى وحوالى غرامين من أكسيد المغنسيوم (تباع هذه المادة فى الصيدلية عادة) . اخلط المادتين ثم ضع البوتقة على النار . يجب أن يكون التسخين هادئا . ضع على سطح البوتقة صحن أجوف صغير مملوء بماء بارد . يتصعد الكافئين فى وجود أكسيد المغنسيوم أى أنه يتحول الى بخار مباشرة ، وعندما يصطدم بسطح الصحن البارد يعود من جديد الى حالته الصلبة ويتوضع على هذا السطح البارد على شكل بلورات عديمة اللون . أوقف التسخين واسحب الصحن من على البوتقة بحذر ، ثم اقشط البلورات واجمعها فى زجاجة نظيفة .

ولكن كيف يمكننا التأكد من أن هذه البلورات هى بلورات الكافئين فعلا ؟ يوجد لهذا الغرض تفاعل نوعى جميل : ضع بضع بلورات على صفيحة أو لوح من الخزف ونقط عليها نقطتين من حمض التريك المركز (يجب التعامل بحذر مع الأحماض المركزة) . سخن الصفيحة حتى يجف المزيج ،

فيتأكسد الكافئين عندئذ ويتحول الى حمض الأمالينيك ذى اللون البرتقالى .

ولكن لم تنته التجربة بعد . وسنحاول تعديل الحمض الآن باضافة عشر نقاط من محلول النشادر المركز اليه . عندئذ يتكون ملح ذو لون أحمر جميل يتحول الى لون أرجوانى ، واسمه الموركسيد .

يفضل اجراء التجارب المقبلة على الشاى فى المدرسة لأنها تحتاج الى مواد لا تتوفر فى البيت عادة ولأن تنفيذها بنجاح يتطلب خبرة جيدة . وسنحاول أن نستخلص من الشاى المواد العفصية أو مواد الدباغة أى التانيدات ، ومنها سنحصل على التانين الذى هو عبارة عن مزيج من مواد تستخدم فى دباغة الجلود (ومن هنا جاءت تسميتها بمواد الدباغة) وكمرسخات فى الصباغة وكمواد قابضة فى الطب (تذكروا الطعم المر القابض لمحلول الشاى الثقيل) .

وهكذا سنحاول استخلاص التانين من الشاى الأخضر . واذا لم يتوفر لديك مثل هذا الشاى ، فبامكانك استخدام الشاى الأسود ولكن لا تنس أن نسبة التانين فيه أقل منها فى الشاى الأخضر .

ضع ٥٠ غراما من الشاى الأخضر فى طنجرة وصب عليها نصف كأس (١٠٠ غم) من ماء غال . اغل المزيج حوالى ساعة على نار هادئة كى يتم استخلاص المواد الذوابة على أكمل وجه . رشح المحلول خلال عدة طبقات من الشاش . اغسل الراسب المتبقى على الشاش بماء ساخن (نصف كأس) ، فتحصل فى نهاية الأمر على محلول أخضر مصفر .

أضف الى هذا المحلول ١٥ — ٢٠ غم من أسيتات الرصاص (انتبه الى أن أسيتات الرصاص مادة سامة ولا يجوز تذوقها أبدا) . افصل السائل بلطف وأضف الى الراسب كوبا من الماء الساخن حرك المزيج ثم اتركه ليستقر ، وافصل السائل من جديد كرر هذه العملية ثلاث أو أربع مرات كى تتخلص نهائيا من ايونات الرصاص . وللتأكد من ذلك ، خذ عينة من السائل وأضف اليها عدة نقاط من حمض الكبريتيك المخفف . فاذا تعكر المحلول ، دل ذلك على أن الرصاص لا يزال موجودا فيه . عندئذ يجب تكرار الغسل واعادة الاختبار حتى لا يظهر التعكر . افصل الراسب (وهو تانات الرصاص) بالترشيح ثم اغسله ب ٥٠ ملل من محلول حمض الكبريتيك ذى التركيز ١ ٪ . اجمع المحلول وعدّل الحمض باضافة نقطة فنقطة من محلول هيدروكسيد الباريوم ذى التركيز ٠,٥ ٪ وبعد ذلك ، افصل الراسب المتكون ، وهو كبريتات الباريوم ، بالترشيح .

يحتوى المحلول الشفاف المتبقى بعد الترشيح على التانين . بخر هذا المحلول حتى الجفاف على حمام مائى . اقشط التانين المتبقى من على قعر الاناء واسحقه كى تحصل على مسحوق منه .

ونعرض فيما يلى عدة تفاعلات جميلة على التانين (سنقتصد فى استهلاكه لأنه لدينا كمية قليلة منه لا تزيد عن ثلاثة غرامات) .

أذب حوالى ٠,٥ غم من التانين فى ٤٠ ملل من الماء . وما أن تضيف اليها محلول كلوريد الحديد ثلاثى التكافؤ أو اى ملح آخر للحديد ثلاثى التكافؤ حتى يسود المحلول فورا .

وتكون قد حصلت عندئذ على الحبر الذى كان يحضر قديما على هذا الشكل وكان التانين اللازم له يستخلص من ثمار البلوط وأغصانه الغضة .

واليك تجربة أخرى : ضع حوالى ٠,٣ غم من التانين فى انبوب اختبار صغير ونقط عليها ثلاث نقاط من حمض الهيدروكلوريك المركز ، فيتكون عندئذ الفلوبافن وهو مادة ذات لون أحمر .

أضف قليلا من التانين الى محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، فيترسب عندئذ راسب بنى من تانات الفضة .

وفيما يلى التجربة الأخيرة على التانين : أذب فى محلول من حمض الهيدروكلوريك تركيزه ٢ ٪ حوالى ٠,٣ غم من الفانيلين (أو كمية مماثلة من سكر الفانيل) ثم أضف ٠,١ غم من التانين ، فيظهر فورا لون قرمزى . وهذا التفاعل لا يخص التانين وحده وانما يعتبر تفاعلا مميزا لجميع المواد فى فصيلة الكاتكينات التى ينتمى اليها كثير من مواد الدباغة .

والعظام مفيدة أيضا

العظام لا تذهب هدرا عند ربة بيت اقتصادية . فمنها يمكن أن يحضر مرق لذيذ . والواقع أنه اذا غليت العظام فى الماء فترة طويلة ثم تركت المحلول ليبرد ، حصلت فى نهاية الأمر على كتلة هلامية . والهلام ليس من مفردات فن الطهى فحسب ، وانما هو تعبير كيميائى أيضا . فثمة مجموعة واسعة من الجمل الغروانية تسمى بالهلام نسبة الى أول فرد منها وهو الهلام الناتج من مرق اللحم .

ويتكون الهلام من العظام لأنها تحتوى على مادة بروتينية خاصة ، هى الجيلاتين ، وهى تباع فى المخازن . وسنحاول الحصول من العظام على صمغ جيلاتينى جيد ، أما الجيلاتين المستعمل فى الغذاء ، فيصعب علينا تحضيره لأنه يحتاج الى تنقية معقدة جدا .

خذ كمية من فتات العظام وانزع عنها الدهن بغمرها فى البنزين مع التحريك وتركها فيه لمدة نصف ساعة (تعرف أن الدهن يذوب جيدا فى البنزين ولكن لا تنس أن البنزين سريع الاشتعال) . اسكب البنزين فى وعاء آخر ثم اغسل الفتات بالماء الساخن عدة مرات .

والآن سنحضر المرق من العظام الخالية من الدهن . ولا حاجة هنا لاستعمال الطنجرة بل يمكننا أن نستفيد هنا من علبة كونسروة فارغة بشرط أن تكون نظيفة . وفيها سنغلى العظام فى الماء لفترة طويلة وبعدها سنتابع غلى المرق حتى يصبح لزجا .

والآن يجب التحلى بالصبر : ضع المرق فى مكان جاف ودافئ وراقبه من فترة الى أخرى وستلاحظ بعد عدة أيام أنه قد جف تماما وتحول الى صمغ بنى اللون . وبالرغم من أنه يبدو جافا ، الا أنه يحوى كمية لا بأس بها من الماء كان الجيلاتين قد امتصها أثناء الغلى . ولكن اذا أردت استعمال هذا الصمغ ، فما عليك الا أن تسخنه على حمام مائى فينفصل منه قسم من الماء .

ويستفاد من هذا الصمغ فى لصق مختلف الأدوات الخشبية ، ولكنه لا يصلح لتجاربنا المقبلة لأنه غير نقى تماما . وسنستعين بالجيلاتين الذى يباع فى المخازن .

ولتحضير محلول من الجيلاتين توضع ١٠ غم من مسحوقه فى ربع كأس من الماء البارد وتترك حوالى ساعة لتتبلل وتنتفخ . وبعد ذلك يسخن المزيج حتى الدرجة ٥٠° م مع التحريك المستمر حتى يذوب الجيلاتين تماما . اسكب قسما من المحلول على لوح من البلاستيك (وليس على الزجاج لأنك لن تستطيع فصل الجيلاتين عنه) بحيث يشكل طبقة رقيقة ثم اتركها لتجف جيدا فى الهواء فتحصل بعد ذلك على ورقة جيلاتينية رقيقة . ولاضفاء المتعة والطرافة على هذه التجربة يمكنك أن تقص من الورقة شكل سمكة صغيرة ، وتضعها على ورق نشاف ثم تنفخ عليها بهدوء ، وتلاحظ عندئذ كيف أنها تلتف وتلتوى لأن تنفسك يرطب الورقة من جهة واحدة فيزداد حجمها وتضطر عندئذ الى الالتواء .

وللجيلاتين المنتفخ صفة ممتعة أخرى وهو أنه يعطى أشكالا جليدية جميلة ويحافظ عليها فترة طويلة . وللتأكد من ذلك حضر محلولا من الجيلاتين كما فى التجربة السابقة ولكن بشرط أن تكون كميته فيه أقل بمرتين أو ثلاث مرات منها فى المحلول السابق (أو يمكن أخذ ما تبقى من المحلول السابق وتخفيفه بماء فاتر) . اسكب المحلول وهو لا يزال دافئا على لوح من الزجاج ثم ضع اللوح فورا فى حجرة التجميد فى الثلاجة . عندئذ سيتبلور الماء ويأخذ أشكالا جليدية مختلفة كالأشكال التى تنطبع على النوافذ أيام البرد الشديد فى فصل الشتاء .

ولننتقل الآن الى تحضير الأسمدة المعدنية . وأظنك تعلم أن المادة الأساسية فى معظم العظام هى الفوسفوريت . ففى

المصانع تحضر الأسمدة الفوسفورية من معدنى الفوسفوريت والأباتيت . وسنقوم الآن بتحويل العظام الى سوبرفوسفات .

حمّص العظام جيدا على النار كى تحترق المركبات العضوية التى لسنا بحاجة اليها . وتبقى بعد التحميص فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ أى الفوسفوريت . اختر عدة قطع بيضاء نظيفة من العظم المحمص واسحقها بالمطرقة أولا ثم فى الهاون حتى تتحول الى مسحوق . اخلط ٥٠ غم من هذا المسحوق مع ٣ — ٥ غم من الطباشير وضع المخلوط فى زجاجة نظيفة ثم اسكب عليه تدريجيا ومع التحريك المستمر بقضيب زجاجى ٢٠ غم من محلول حمض الكبريتيك ذى التركيز ٧٠٪ (نذكرك مرة أخرى بأنه يجب سكب الحمض فى الماء أثناء التخفيف) ، فيسخن المزيج بسرعة ويتحول الى معجون أولا ثم الى مسحوق أبيض جاف هو السوبرفوسفات $Ca(H_2PO_4)_2$. وتستغرق هذه العملية حوالى ساعة واحدة :

ولكن لماذا لا يستعمل الفوسفوريت نفسه كسماد وانما تفضل عليه السوبرفوسفات ؟ وللاجابة على هذا السؤال سنجرى التجربة التالية :

خذ زجاجتين تحتويان على ماء وضع فى احديهما قليلا من مسحوق العظم (الفوسفوريت) وفى الأخرى السوبرفوسفات الذى حصلت عليه . لاحظ كيف أن مسحوق الفوسفوريت يترسب بسرعة على قعر الزجاجة ولا يتغير حجمه . أما السوبرفوسفات ، فيتعرض للحلمأة ، ويزداد حجمه كثيرا ، ولا يترسب فورا وانما ببطء وخلال عدة ساعات . وهذه الميزة

تساعد السوبرفوسفات على التوزع جيدا فى التربة والبقاء فيها أطول مدة ممكنة .

وطالما أنك حصلت على السماد بنفسك ، فلا بد من أن تستفيد منه بشكل معقول . حاول أن تستعمله لتسميد النباتات الموجودة فى بيتك وراقب نموها بعد ذلك . ولا تنس أن تترك بعض النباتات دون تسميد وذلك من أجل مقارنتها مع النباتات الأولى ، والأفضل أن تسمد مجموعة أخرى من النباتات بسماد يباع فى الأسواق . فهل هذا السماد أفضل بكثير من السماد الذى حضرته بنفسك ؟

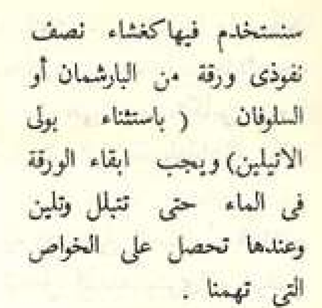
عصير الثمار

عندما يجف النبات وتصفر الأوراق يعنى ذلك أن الخلايا النباتية تفتقر الى الماء . ولكن كل خلية مغلفة بغشاء . فكيف ينفذ الماء الذى تمتصه الجذور داخل الغشاء ويصل الى داخل الخلية ؟ وما الذى يدفع الماء على الانتقال باتجاه معاكس لقوة الجاذبية الأرضية من الأسفل الى الأعلى أى من الجذور الى الأوراق ؟

وقبل الاجابة عن هذين السؤالين ، سنقوم باجراء تجارب تمهيدية على غشاء يشبه غشاء الخلية :

عندما يفصل حاجز كتيم بين محلولين فانهما لن يمتزجان طبعا ، وعلى العكس فانهما يمتزجان بنفسهما ودون تحريك فى حال عدم وجود حاجز بينهما ، ولكن ما الذى يحدث اذا كان الحاجز نصف نفوذى ؟

الجواب على هذا السؤال هو موضوع التجربة التالية التى



سنستخدم فيهاكغشاء نصف نفوذى ورقة من البارشمان أو السلوفان (باستثناء بولى الاتيلين) ويجب ابقاء الورقة فى الماء حتى تتبلل وتلين وعندها تحصل على الخواص التى تهمنا .

حضر محلولا مشبعا من السكر واجعله كثيفا جدا بحيث لن يذوب فيه السكر بعد ذلك . والأفضل أن يحضر مثل هذا المحلول فى ماء ساخن . اسكب هذا المحلول فى كأس من الزجاج حتى يملأه تماما . غط الكأس بالورقة المبللة واربطها جيدا مع مراعاة عدم بقاء فقاعات لهواء تحت الورقة . ضع الكأس فى زجاجة تحوى ماء (يجب أن ينغمر الكأس بالماء) واتركه على هذا الحال عدة ساعات . وستشاهد بعد ذلك كيف أن الورقة التى تغطى الكأس قد انتفخت وكأن تجويفا قد تكون فوق الكأس .

ولمعرفة ما حدث هنا لا بد قبل كل شىء من التعرف على الغشاء نصف النفوذى . فهو غشاء ذو قدرة على تمرير جزيئات معينة ولا يسمح بمرور جزيئات أخرى . وورق البارشمان والسلوفان ذو مسامات صغيرة جدا لا تستطيع جزيئات السكر المرور من خلالها . والماء موجود على جانبى الغشاء ولكنه أقل فى الجانب الحاوى على محلول السكر ولهذا تسعى جزيئات الماء الى النفوذ عبر الغشاء الى داخل الكأس مما يؤدى الى ازدياد حجم السائل فيه وانتفاخ الغشاء نصف النفوذى . والمعلوم أن

كل شىء فى الطبيعة يسعى نحو التوازن ، وفى حالتنا هذه يكون الهدف هو تساوى تركيزى المحلولين . وهذا ما يحدث بعد فترة ، اذ يصبح عدد جزيئات الماء التى تدخل الكأس مساويا عدد الجزيئات التى تخرج منه الى الزجاجة ولهذا لن يكون الانتفاخ كبيرا .

تسمى هذه الظاهرة الكيميائية الفيزيائية بالحلول أو التناضح (الأزموز) أما الضغط الذى يجعل الغشاء يلتوى ، فيسمى بضغط الحلول أو الضغط التناضحى (الضغط الأزموزى) . فلكى تتحقق هذه الظاهرة لا بد من وجود حاجز وسائلين : الأول هو محلول مادة ما والثانى هو المذيب النقى (وهو الماء فى حالتنا هذه) أو ، على الأقل ، محلول للمادة المذكورة أضعف من المحلول الأول .

وغلاف الخلية الحية هو دوما غشاء نصف نفوذى ، فهو لا يسمح بمرور جزيئات لمواد كثيرة منحلة فى الماء ، بينما يسمح بمرور جزيئات الماء . وبناء على ذلك ، فان كل خلية حيوانية أو نباتية هى عبارة عن جملة تناضحية ميكروسكوبية ، كما ويلعب ضغط الحلول دورا هاما جدا فى نشاط الأجسام الحية .

ويمكننا أن نراقب ظاهرة الحلول فى أبسط التجارب : اقطع بسكين حاد شريحة (حزا) رقيقة من ليمونة وضعها على صحن صغير . لاحظ أنه لا يوجد تقريبا عصير على سطح الشريحة ، ولكن يكفى أن ترش السكر على السطح حتى يبدأ العصير بالظهور بسرعة .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على الفريز (الفراولة)

وغيره من الثمار الأخرى بوضعها فى زجاجات جافة ورشها بالسكر فيبدأ العصير عندئذ بالنضوح منها .

اذن ، فالحلول هو الفاعل الأساسى فى جميع هذه الحالات . اذ يتكون على سطح الليمون أو الثمار محلول مركز من السكر ، فيسعى العصير عندئذ ، وهو أقل تركيزا ، الى تخفيف هذا المحلول ، فيمر من خلال الأغشية الخلوية ويخرج الى السطح كالماء الذى انتقل من الزجاجة الى الكأس الحاوى على المحلول السكرى فى التجربة السابقة .

ولننتقل الى البطاطس : اقطع من حبة بطاطس ثلاثة مكعبات يفضل أن تكون متساوية الحجم . حضر ثلاث زجاجات . صب فى الزجاجة الأولى ماء مملحا قليلا ، وفى الزجاجة الثانية محلولا ملحيا مركزا ، وفى الزجاجة الثالثة ماء للشرب . ضع فى كل زجاجة مكعبا من المكعبات المذكورة واتركها فترة ثلاث ساعات ثم راقبها جيدا . فنلاحظ أن المكعب المغمور فى الماء المملح قليلا لم يتغير أبدا ، بينما طرأ تغيير واضح على المكعبين الآخرين : فالمكعب المغمور فى المحلول الملحى المركز قد انخفض حجمه كثيرا بينما ازداد بشكل واضح حجم المكعب المغمور فى ماء الشرب .

ولنبدأ بالسؤال التالى : لماذا لم يتغير المكعب الأول ؟ الواقع أنه كان مغمورا فى محلول مخفف يساوى تركيز الملح فيه تركيزه فى عصير البطاطس نفسه . أما المكعب الذى كان موجودا فى المحلول المركز ، فقد بدأ يطرح الماء لخفض تركيز المحلول وبذلك قل حجمه . وعلى العكس من ذلك ، فقد أخذ المكعب الثالث يمتص الماء وبالتالى ازداد حجمه نتيجة لذلك .

وسننتقل من البطاطس الى الجزر الذى سنجبره على العمل كمضخة .

أدخل فى رأس جزرة انبوبا زجاجيا وضعها عموديا فى كأس من الماء .

اسكب محلولا من الملح فى الانبوب الزجاجى بحيث يملأ نصفه تقريبا وراقب الوضع . وستلاحظ بسرعة كيف أن مستوى الماء فى الانبوب يبدأ بالارتفاع حتى أنه قد ينسكب من الانبوب اذا كانت التجربة معدة بشكل صحيح . ويتضح من ذلك أن الجزر يتصرف وكأنه يضخ الماء من الكأس ويدفعه على الصعود فى الانبوب .

وعندما ترش الجزر بالماء فى حديقة منزلك فانه يقوم بسحب الماء من التربة أيضا لأن تركيز الأملاح فى عصيره أعلى منه فى الماء المرشوش . وهكذا نرى أن الجذور وجميع أنسجة النبات تحصل على الماء المنعش بفضل ظاهرة الحلول .

تجارب فى فصل الصيف

يمكننا ، ونحن فى الحقل أو الحديقة ، التأكد من وجود ظاهرة النقل التناضحى للماء أو كما يسمى أحيانا بالضغط الجذرى (نسبة الى الجذور) . اختر نبتة نامية ويستحسن أن يكون ساقها متينا وعريضا نوعا ما وقصها على ارتفاع ١٠ سم من سطح الأرض . أدخل فى الساق انبوبا قصيرا من المطاط متصل بانبوب زجاجى رفيع ولا يقل طوله عن نصف متر . ومن الضرورى تثبيت هذا الأنبوب الطويل بربطه بعمود مثبت فى الأرض

ويستحسن أن يلف الانبوب المطاطى بخيط فى مكان اتصاله بالساق كى يلتصق جيدا به .

والآن رش الماء على التربة المجاورة للساق وستلاحظ كيف أن الماء يبدأ بالارتفاع فى الانبوب ، وسيصل الى ارتفاع عال اذا كان قطر الانبوب لا يزيد عن ٥ ملم .

ولكن الضغط التناضحى ليس السبب الوحيد الذى يجعل الماء يرتفع فى النباتات من الأسفل الى الأعلى ، وانما هناك أسباب أخرى من بينها ظاهرة النتح أى تبخر الماء من الأوراق . فبعد أن يقدم الماء المواد المغذية للنباتات يبدأ بالتبخر من خلال المسامات الموجودة على الأوراق وتحل محله دفعة جديدة قادمة من الجذور ... وهلمجرا . واليك تجربة بسيطة على النتح :

ضع فى انبوب اختبار يحوى ماء غصنا مقصوصا من نبات ما وحدد مستوى الماء فيه باشارة ما أو بخيط ملون تلفه حول الانبوب عند هذا المستوى ، وستلاحظ بعد وقت قصير أن الماء فى الانبوب سينخفض عن مستواه الأصلى . وربما كان سبب ذلك هو أن الماء يتبخر من الانبوب مباشرة وليس من خلال الغصن .

فلمنع حدوث تبخر مباشر من الانبوب ينقط على سطح الماء قليل من الفازلين أو أى زيت نباتى آخر فيغطى سطح الماء ويمنع تبخر الماء منه . وبالرغم من ذلك ، فان مستوى الماء سينخفض فى هذه الحالة أيضا مما يؤكد أن الماء يتبخر من خلال الأوراق . ويمكن ، فى حال توفر ميزان لديك ، جعل التجربة على النتح أسرع وأكثر وضوحا : ضع انبوب الاختبار الحاوى على الغصن (لا تنس أن تنقط بضع نقاط من الزيت على

سطح الماء) على كفة ميزان ووازنه بسنجات على الكفة الأخرى . لاحظ بعد فترة كيف يختل التوازن وترتفع كفة الميزان الحاوية على انبوب الاختبار .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على نباتات مختلفة وعندها يتبين أن سرعة النتح تختلف من نبات الى آخر . ولكن سنحاول أن نجرى التجربة بشكل آخر : ولنغطى غصن النبتة بزجاجة مقلوبة . ولاحاجة هنا الى قص غصن من النبتة ، وانما يمكن اختيار نبتة صغيرة وتغطيتها كلها بالزجاجة . وعندما نسقى النبتة جيدا يتشبع الجو داخل الزجاجة ببخار الماء ، ولن يتمكن الماء من التبخر من الأوراق بعد ذلك ، مما يدفع الى القول بأن النتح قد توقف . ولكن تظهر على الأوراق بعد فترة من الزمن قطيرات من الماء تؤكد أن الضغط التناضحى بدأ يعمل من جديد .

وثمة سبب آخر يدفع الماء الى الارتفاع فى ساق النبات وهو أن النباتات مملوءة بأوعية شعرية رفيعة جدا ، يرتفع فيها السائل بسرعة أكبر كلما كانت أرفع وأضيق . فاذا كان لديك انبوب شعرى زجاجى قطره ٠,٠٢ ملم ، فان الماء يمكن أن يصل فيه الى ارتفاع قدره ثلاثة أمتار ! وفى النباتات أوعية شعرية أرفع من ذلك ...

خذ عدة زجاجات تحتوى على ماء ملون بعدة نقاط من الحبر . اقطع بسكين حادة أغصانا من نباتات مختلفة وضعها فى الزجاجات فيبدأ الماء الملون بملء جميع الأوعية فى الأغصان تدريجيا والارتفاع داخل الأوعية الشعرية . والدليل على ذلك هو أن لون العروق على الأوراق يتغير تغيرا واضحا . واذا قصصت عدة مقاطع عرضية فى كل غصن شاهدت بوضوح توضع

الأوعية الشعرية فيها (ننصح باستعمال عدسة مكبرة لهذا الغرض) .

واليك التجربة الأخيرة على النباتات : اسكب الماء الملون بالحبر فى وعاء واسع . غطس الغصن فى الماء واقطع قسما من ساقه تحت الماء . اسحب الغصن من الماء بعد عدة دقائق وشطبه بسكين حادة فى عدة أماكن . لاحظ كيف أن الماء يرتفع عاليا فى الساق خلال دقائق معدودة (لا تنس أن تحدد الزمن بدقة) .

خذ غصنا مماثلا وشطبه فى الهواء ثم اغمره فى الماء ذاته واتركه فترة مماثلة أيضا ، فتلاحظ أن الماء يرتفع أقل بكثير من ارتفاعه فى الحالة السابقة .

ويعزى سبب ذلك الى أن الأوعية الشعرية فى النباتات ضيقة جدا ويمكن أن تنسد بسهولة بفقاعات صغيرة من الهواء وعندها يتوقف وصول الماء الى الأوراق . ولكن عندما نشطب الساق تحت الماء نحول دون دخول فقاعات الهواء الى الأوعية .

ولعلك فهمت الآن مغزى النصيحة التى يقدمها الأخصائيون فى تربية الأزهار : اذا أردت الاحتفاظ بباقة الزهر أطول مدة ممكنة فى الزهرية فما عليك الا أن تقص سيقانها تحت الماء وليس فى الهواء .

كم تبلغ نسبة الفيتامين C فى التفاح ؟

الجواب عن هذا السؤال يمكن أن تجده فى المراجع الكيميائية والطبية . ولكن الحديث هناك يدور حول التفاح بوجه عام ، وليس عن هذه التفاحة التى تود أكلها الآن . ان تقدير

نسبة الفيتامينات عملية معقدة ، ولكن الفيتامين C بالذات (وهو حمض الأسكاربينى) يمكن تقديره فى مخبر المنزل .

ولعلك قررت أنه طالما أن الفيتامين C حمض ، فيجب تعيين كميته بواسطة مادة قلوية ما . وحبذا لو تحقق ذلك لأن مثل هذا التحليل لا يصلح هنا أبدا . ففى الثمار يوجد ، بالاضافة الى حمض الاسكاربينى ، كثير من الأحماض العضوية الأخرى مثل حمض الليمون (حمض السيتريك) وحمض التفاح وحمض العنب (حمض الطرطريك) وغيرها ، وجميعها يدخل فى تفاعل تعادل مع المواد القلوية . اذن ، فالقلويات لا تصلح هنا .

سنستفيد من صفة مميزة عند حمض الأسكاربينى وهى سهولة أكسدته . وتعلمون طبعا أن الثمار تفقد عند طهيها وحفظها الكثير من الفيتامين C الموجود فيها . ويعزى ذلك الى أن جزىء حمض الأسكاربينى غير ثابت ، فهو يتأكسد بسهولة (حتى أن أكسيجين الهواء يؤثر عليه) ويتحول الى حمض آخر لا يملك خواص فيتامينية . وسنستعمل فى تجربتنا مؤكسد أقوى من أكسيجين الهواء وهو اليود .

يلزمنا محلول من اليود ذو تركيز معلوم . ويمكننا لهذا الغرض أن نشترى فى الصيدلية محلول اليود فى الكحول الذى يبلغ تركيزه ٥٪ أى أنه يحوى ٥ غم من اليود فى ١٠٠ ملل من المحلول .
وسنحضر محلولا للنشاء : ولهذا تذيب ١ غم من النشاء فى حجم صغير من الماء البارد . نسكب المحلول فى كأس يحوى ماء غاليا ، ثم تغلى المحلول حوالى دقيقة ، فنحصل على محلول من النشاء يصلح لاجراء التجارب خلال أسبوع كامل .

والآن أصبح كل شىء جاهزا لاجراء التجربة وتعيين نسبة الفيتامين ولكن سنتمرن قبل الشروع بالتحليل على حمض الاسكاربينى النقى . خذ ٠،٥ غم من حمض الأسكاربينى الذى يباع فى الصيدلية (بشرط ألا يحتوى على الغلوكوز) وأذبها فى ٥٠٠ ملل من الماء ثم خذ من المحلول ٢٥ ملل ، وأضف اليها حوالى نصف كأس من الماء و ٢ ــ ٣ ملل من محلول النشاء .
والآن أضف محلول اليود نقطة فنقطة من القطارة مع خض المزيج باستمرار (يستحسن أن تجرى هذه العملية فى دورق مخروطى) ، احسب عدد النقاط التى تضيفها وانتبه الى لون المحلول . فما أن يؤكسد اليود كل الحمض الموجود حتى تؤدى النقطة التالية منه الى تلوين المحلول بلون أزرق ، مما يدل على أن عمليتنا هذه (وتسمى بالمعايرة) قد انتهت .

ولكن كيف نعلم حجم اليود المستهلك ؟ فالنقاط ليست وحدات قياس ... وتوجد فى المخابر الكيميائية سحاحات خاصة مدرجة بالمليمترات . ولكننا سنطبق هنا طريقة أخرى دقيقة ولكنها تستغرق وقتا أطول . نحسب بواسطة القطارة ذاتها عدد النقاط الموجودة فى أمبولة اليود التى اشتريناها من الصيدلية (فهى تستوعب عادة ١٠ ملل) . لا تخف ! فهذه العملية كلها لا تستغرق سوى عدة دقائق . فبتعيين حجم النقطة الواحدة يمكن ، بدقة كافية ، تعيين حجم محلول اليود الذى استهلك فى عملية معايرة حمض الأسكاربينى والآن يمكن ، اعتمادا على معادلة التفاعل (نترك لك كتابتها) ، حساب كمية حمض الأسكاربينى الموجودة فى العينة . وبالمقابل ، يمكننا من معرفة كمية الحمض تعيين تركيز محلول اليود والتأكد من أنه ٥٪ فعلا أم لا ؟

يطبق الكيميائيون كثيرا هذه الطريقة السهلة فى التحليل لتقدير نسبة اليود وغيره من المؤكسدات الأخرى .

نتنقل الآن الى دراسة قضيتنا الأساسية ، وهى تعيين كمية الفيتامين C بعد أن أصبح تركيز محلول اليود معروفا لدينا فالمليلتر الواحد من محلوله ذى التركيز ٥٪ يوافق ٣٥ ملغم من حمض الأسكاربينى .

ولنبدأ من عصير الليمون أو البرتقال . خذ ٢٠ ملل من هذا العصير وخففها بالماء حتى يصبح الحجم ١٠٠ ملل . اسكب فى المحلول قليلا من محلول النشاء ثم أضف بعد ذلك محلول اليود نقطة فنقطة حتى يظهر لون أزرق ثابت لا يزول خلال ١٠ ــ ١٥ ثانية . انتبه الى أن كمية حمض الأسكاربينى فى المحلول هنا أقل بكثير منها فى التجربة السابقة وبالتالى سيكون حجم اليود المستهلك أقل أيضا . وقد يحدث عندما تكون كمية الفيتامين C قليلة جدا أن تحتاج العملية الى نقطة أو نقطتين فقط من محلول اليود . وعندها سيكون التحليل تقريبيا جدا . فلكى تكون النتيجة أكثر دقة يجب اما أن يؤخذ حجم كبير من العصير ، أو أن يخفف محلول اليود . ويفضل الكيميائيون الحل الثانى . ويمكن عند تحليل عصير الفواكه أن يخفف محلول اليود بالماء أربعين مرة ، فيحصل عندئذ على محلول منه تركيزه ٠,١٢٥٪ بمعنى أن المليلتر الواحد منه يوافق ٠,٨٧٥ ملغم من حمض الأسكاربينى . ولا تنس هنا أن التوتر السطحى للماء أكبر منه عند الكحول ، وبالتالى فان نقاط الماء أضخم من نقاط الكحول ، وهذا يعنى أنه لا بد من معرفة حجم نقطة الماء .

يمكن أن يحضر المحلول اللازم من اليود بصورة أدق فى

مخبر المدرسة : فاللتر الواحد منه يجب أن يحتوى على ١,٢٧ غم من اليود . ولكن ذوبانية اليود فى الماء فى درجة حرارة الغرفة قليلة جدا (٠,٣ غم/لتر) . ولهذا يجب أن يضاف الى المحلول قليل من يوديد البوتاسيوم أو يوديد الصوديوم نظرا لأن ذوبانية اليود فى الماء تزداد كثيرا عند وجودهما فى المحلول . وأحد هذين الملحين يوجد حتما فى محلول اليود الذى يباع فى الصيدلية .

ولننتقل الآن تحليل التفاح . وهنا ستواجهنا المشكلة التالية وهى أن التفاح يحتوى على انزيم الأسكاربينوكسيداز الذى يتأكسد بوجوده حمض الأسكاربينى بسرعة فى الهواء وللحيلولة دون حدوث ذلك لا بد من اجراء التحليل في وسط حمضى .

اقطع بسكين حادة من الفولاذ الذى لا يصدأ شريحة كاملة من تفاحة موزونة مسبقا (من القشرة حتى قلب التفاحة لأن الفيتامين C موزع فى التفاحة بشكل غير متساو ونحن نريد تحليل التفاحة بأكملها وليس قطاعا معينا منها) . ضع هذه الشريحة فى هاون من الخزف يحوى حمض الهيدروكلوريك المخفف واسحقها جيدا بالمدقة . أضف محلول النشاء ثم عاير المزيج بمحلول مخفف من اليود . ونعين كتلة الشريحة من الفرق بين كتلة التفاحة قبل التحليل وبعد قطع الشريحة منها .

ولكن ، هل طريقتنا هذه دقيقة ياترى ؟ فالمعروف أن عصير التفاح لا يحتوى على الفيتامين C فقط ، وانما توجد فيه مواد عضوية أخرى يمكنها أن تتفاعل مع اليود أيضا (وان كان تفاعلها أبطأ من تفاعل حمض الأسكاربينى) . وبالرغم من كل هذا ، فان طريقتنا دقيقة الى حد كاف . واليك بعض النتائج

التى تم الحصول عليها باستخدام طريقة التحليل هذه :

تم تحضير محلول من ثمار العليق أو الورد البرى (٢٥ غم من الثمار فى نصف لتر من الماء) . وتبين نتيجة تحليله بالطريقة اليودية أن نسبة الفيتامين C تبلغ ٣,٨٪ (تدل المعطيات الواردة فى المراجع العلمية على أن هذه النسبة تساوى ٤,٥٪) . وبلغت نسبة الفيتامين C فى عصير البرتقال المحضر حديثا ٠,٠٥٪ وفى العصير المعلب ٠,٠٧٥٪ (النسبة هى ٠,٠٤٪ فى المراجع العلمية) . واذا أخذنا بعين الاعتبار أن نسبة الفيتامينات تختلف من ثمرة الى أخرى أمكن القول بأن هذه الطريقة تعطى فكرة صحيحة عن نسبة الفيتامين C .

وهكذا تكون قد أتقنت بسرعة ودقة كافية طريقة تحليل حمض الأسكاربينى . والآن ينفتح أمامك مجال واسع من البحث : فبامكانك أن تدرس مختلف الفواكه والثمار (التى تعطى عصيرا غير ملون بلون أحمر) وأن تتأكد من أن نسبة الفيتامين C تتعلق بنوع الفاكهة أم لا . ولكن تذكر أن الحمض الأسكاربينى المذاب يتأكسد فى الهواء ، وعليه يجب اجراء التجارب على عصير محضر حديثا .

ونورد فيما يلى عدة موضوعات للبحث : ايجاد نسبة حمض الاسكاربينى فى ثمار مقطوفة لتوها وفى ثمار أخرى تم حفظها اسبوعا واحدا وشهرا ونصف سنة . يقال أحيانا أنه لا يجوز قطع الفواكه بسكين حديدية لأن الفيتامين C يتفكك من جراء ذلك . تحقق من هذا القول بوضع العصير فى وعاء حديدى (وبالمناسبة ، اذا أردت أن تقارن بين نسبة الفيتامين C فى عصير طازج ونسبته فى عصير معلب ، فلا تنس أن العصير المعلب قد يضاف اليه

خصيصا حمض الأسكاربينى) . وأخيرا راقب كيف تتغير نسبة الفيتامين C فى العصير أثناء تسخينه واستخلص من هذه التجارب النتائج المفيدة .

اللوز مر وحلو

يكون اللوز الذى يستعمل فى الغذاء حلوا عادة . ولكن هناك لوز مر لا يختلف فى مظهره عن اللوز الحلو ومن غير المستحب أكله ، ولكنه لا يضيع عبثا . فمنه يصنع زيت يستعمل فى مجالات الطب ، كما ويضاف اللوز المر أثناء تحضير المواد الغذائية فى الصناعة لأن رائحته العطرية أشد بكثير من رائحة اللوز الحلو .

والتمييز بين اللوز الحلو والمر لا يحتاج الى أكثر من ثانية واحدة اذ يكفى أن تقضم اللوزة حتى تشعر بذلك . ولكننا سنحاول ايجاد فروق كيميائية بينهما . والغرض من ذلك ليس ايجاد طريقة تحليلية معينة (فالتجربة هنا معقدة جدا ومن غير المعقول أن تطبق كلما أردنا التمييز بين نوعى اللوز الحلو والمر) ، وانما التعرف على بعض المظاهر الطريفة من حياة النباتات الوردية والمزهرة التى ينتمى اليها اللوز .

واليك التجربة التالية : خذ عدة حبات من اللوز وانزع عنها القشرة الخارجية المتينة ثم استحقها وهى فى الماء (٥ — ١٠ ملل) . رشح السائل الناتج . خذ حوالى ١٠ نقاط من الرشاحة وامزجها مع عدة نقاط من محلول الصودا الكاوية المخفف (تركيزه حوالى ١٠٪) . ومن الضرورى أن يكون تفاعل المزيج قلويا . وعليه يضاف محلول الصودا الكاوية الى أن يظهر لون

ثابت مع محلول الفينولفتالين أو أى دليل آخر حضرته بنفسك .

المرحلة التالية : أضف نقطة من محلول كبريتات الحديد المائية $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$. سخن المزيج حتى الغليان . رشح ثم أضف الى الرشاحة عدة نقاط من حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) . والآن يجب أن يكون تفاعل المزيج حمضيا (تأكد من ذلك بواسطة الدليل) . وتبقى الخطوة الأخيرة وهى أن تنقط فى المزيج نقطة واحدة من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$. والآن يتضح أمر اللوز المستعمل فى تجربتنا هذه : فاذا كان حلوا بقى المزيج على حاله ولن يطرأ عليه أى تغيير . أما اذا كان مرا ، فانه يظهر بعد اضافة كلوريد الحديد فورا راسب أزرق جميل يدعى أزرق برلين أو زرقة بروسيا وصيغته $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

ويعود السبب فى ذلك ، الى أن اللوز المر الذى أعطى هذا التفاعل الملون الجميل يحتوى على مادة معقدة تدعى الأميجدالين ، كما ويوجد فيه انزيم الغليكوزيداز الذى يفكك الاميجدالين فى وجود الماء ويحوله الى مواد أبسط . وتجرى بعد ذلك سلسلة من التحولات المعقدة (لا داع لذكرها هنا) يتكون بنتيجتها فروسيانيد الصوديوم $Na_4[Fe(CN)_6]$. وهو الذى يعطى اللون الأزرق مع النقطة الأخيرة من كلوريد الحديد .

ولكن ، لماذا لا يحدث التفاعل ذاته مع اللوز الحلو ؟ الجواب بسيط ، وهو أن اللوز الحلولا يحتوى على الأميجدالين : ولكن أنزيم الغليكوزيداز موجود فيه . وسنستغل هذا فى تجربة أخرى .

سنستعيض عن اللوز المر هذه المرة ببذور (عجمات) الخوخ أو المشمش أو الكرز . فهى جميعها من فصيلة النباتات المزهرة

وتشبه اللوز فى أشياء كثيرة منها أن بذورها تحتوى على الأميجدالين أيضا .

خذ عدة بذور من الخوخ أو المشمش أو الكرز واخلطها مع عدد مماثل من بذور اللوز الحلو . أضف الى المزيج ماء ثم رشح السائل وتابع التجربة كما فى تجربة اللوز المر . فما أن تضيف فى النهاية النقطة الأخيرة من محلول كلوريد الحديد حتى يتكون أزرق برلين الجميل .

جاء الأميجدالين فى هذه التجربة من بذور الخوخ أو المشمش أو الكرز بينما قدم اللوز الحلو انزيم الغليكوزيداز الذى فكك الأميجدالين . وهكذا نكون قد حصلنا بواسطة ثمار مختلفة على النتيجة ذاتها فى تجربة اللوز المر .

ونشير هنا الى أن الأطباء لا ينصحون أبدا بحفظ مأكولات من الخوخ والكرز فترة طويلة اذا لم تكن مطبوخة . فالخطر هنا يكمن فى البذور لأنه قد تتكون أثناء تحولات الأميجدالين الموجود فيها مواد ضارة بصحة الانسان ، وان كان تشكل هذه المواد يحتاج الى وقت طويل (البذور الطازجة ليست ضارة) .

والآن وبعد أن أدركت هذا الموضوع جيدا يمكنك أن تقدم النصائح للآخرين . والنصيحة الأولى هى أنه يفضل ، لراحة البال ، فصل البذور من الثمار ، وان كان هذا الأمر يتطلب جهدا اضافيا والنصيحة الثانية هى أن الخشاف والمربيات لا تضر بالصحة حتى ولو كانت تحتوى على بذور هذه الثمار لأن الأنزيم الذى يفكك الأميجدالين يتفكك هو الآخر أثناء التسخين ولن يعود له أى أثر سىء . واذا أردت التأكد من ذلك ، فبامكانك اجراء تجربة على بذور مطبوخة ، وسترى بنفسك أنه لن يظهر أى لون فى نهاية التجربة .

الباب الرابع

تجارب ممتعة ومفيدة

تجرى التجارب الكيميائية لأغراض مختلفة ؛ فقد تكون لمجرد حب الاستطلاع وبدافع فضولى بحت ، أو لتمضية وقت الفراغ بصورة نافعة أو للتحقق تجريبيا من حقائق وردت فى الكتب العلمية . وقد يكون الهدف منها هو الحصول بنتيجة التحولات الكيميائية على مواد مفيدة لك أو للمدرسة . والمهم هنا هو أنك تحضر هذه المواد بنفسك وهى اما أن تكون دهانات أو أصبغة أو هدايا لا يملكها أحد غيرك .

ويفضل أن يجرى العديد من تجارب هذا الفصل (الفصول اللاحقة أيضا) فى مخبر المدرسة لأسباب عديدة أولها أنه من الممتع العمل بشكل مشترك مع التلاميذ الآخرين ، وثانيها أنك قد تقدم شيئا مفيدا للمدرسة من جراء عملك هذا . وأخيرا قد تنشأ بعض الصعوبات أثناء تحضير التجربة ، كالحاجة مثلا الى أوان خاصة وكواشف معينة لا تتوفر الا فى مخبر المدرسة . ولنبدأ بالدهانات الزيتية والمائية .

الدهانات الزيتية

الدهان الزيتى مزيج من ورنيش (زيت جفوف) ومواد ملوّنة (أخضاب) وسنتحدث لاحقا عن كيفية تحضيره . أما الآن ، فسندرس المكون الأساسى فى الدهان الزيتى وهو الورنيش .

يباع الورنيش (وبعض المواد الملوّنة) فى المخازن . ولكن الكيميائى الفتى سيحاول تحضيره بنفسه طالما أنه مصمم على اجراء التجارب المعتمدة عليه . وعلينا قبل ذلك توضح طبيعته وبعض خواصه .

يحضر الورنيش الطبيعى من الزيوت النباتية . وهى كثيرة ومتنوعة فالبعض منها يجف فى الهواء (كزيت الكتان وزيت القنب) والبعض الآخر يجف جزئيا كزيت عباد الشمس . وثمة نوع أخر من الزيوت النباتية لا يجف أبدا كزيت الزتيون وزيت الخروع .

ولكن ماذا يقصد بكلمة «يجف» عند تطبيقها على الزيت ؟ فهذه الزيوت لا تحتوى على المذيبات . اذن ، فليس فيها ما يجف . وهذا هو الواقع . فالجفاف هنا تعبير غير دقيق أبدا ، وان كان شائعا . والحقيقة أن الزيوت لا تجف وانما تتبلمر ، بارتباط جزيئاتها مع بعضها البعض ، مكونة بوليمرا صلبا لا يذوب ولا ينصهر . ولكى يتحقق ذلك لابد من وجود مادة تربط بين جزيئات الزيت الصغيرة نسبيا . وهذه المادة هى أكسيجين الهواء . ولهذا السبب يجف بسرعة الدهان الزيتى المطلى على سطح سلعة ما . أما الزيت المتبقى فى العلبة ، فلا يتجمد سوى سطحه فقط ، لأنه هو الذى يتلامس مع الهواء .

ومن ناحية أخرى ، فانه حتى الزيوت الجفوفة (القابلة للجفاف) تتفاعل ببطء شديد مع الأكسيجين . وعلينا أن ننتظر وقتا طويلا حتى تجف كليا . ولكن يمكن تعجيل الجفاف باضافة وسيط الى الزيت يسمى بالمجفف . اذن ، فالورنيش العادى هو مزيج من زيت (غالبا ما يكون اصطناعيا وليس نباتيا فى الوقت الحاضر) ومجفف .

وعليه يجب لتحضير الورنيش أن يمزج الزيت الجفوف مع المجفف الذى يباع فى المخازن أيضا . ولكن أليس من الأفضل أن تحضره بنفسك وتجرب فعله ؟

والعديد من المجففات هو أملاح لأحماض عضوية . وبامكانك تحضير ملح منها معروف جيدا باسم الراتين المصهور . والراتينات هى أملاح الأحماض التى تدخل فى تركيب الراتينجات .

سخن فى وعاء خزفى (أو معدنى) حوالى ٥٠ غم من الراتينج . ويجب أن تتراوح درجة الحرارة بين ٢٢٠ و ٢٥٠°م لأن الراتينج ينصهر فى هذا المجال . أضف الى الراتينج المصهور على دفعات ومع التحريك المستمر ٥ غم من الكلس غير المطفأ CaO ، فتحصل بنتيجة التفاعل على راتينات الكالسيوم .

واذا أخذت عوضا عن الكلس ١٥ غم من أكسيد الرصاص PbO الممزوج على شكل معجون مع زيت الكتان وأضفتها على دفعات الى الراتينج ، حصلت على مجفف آخر هو راتينات الرصاص . وبامكانك الحصول على أكسيد الرصاص بمزج مسحوق الرصاص مع نترات الصوديوم أو البوتاسيوم (وكلاهما سماد معروف) ثم تسخين المزيج فيتكون أكسيد الرصاص ذو اللون الأصفر . يتابع التسخين حتى يصبح اللون شديدا ثم يبرد المزيج ويعالج بالماء ، فتذوب فيه النواتج الذوابة وينفصل بالخض أكسيد الرصاص الخفيف عن الرصاص الثقيل الذى لم يتفاعل . ويبقى بعد ذلك أن يرشح السائل ويجفف الراسب ، فتحصل عندئذ على أكسيد الرصاص .

ومن الضرورى أن يسخن مزيج الراتينج مع CaO أو PbO

حتى تتكون كتلة متجانسة . راقب هذه الكتلة من وقت لآخر بأخذ قطرات منها ووضعها على زجاجة نظيفة . ويجب ايقاف التسخين عندما تظهر القطرات شفافة .

واليك مجفف آخر منتشر جدا هو أكسيد المنجنيز MnO_2 . والحصول عليه أمر سهل : حضر محلولا من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 ومحلولا آخر من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. امزج هذين المحلولين فيترسب مسحوق أسود هو الأكسيد المطلوب ، ولا يبقى الا أى ترشحه وتجففه على الهواء دون تسخين .

ومهما كان نوع المجفف الذى حضرته فان الخطوات التالية تبقى واحدة فى كل الحالات . أضف المجفف الى زيت الكتان أو زيت القنب (كلاهما جفوفان) المسخن حتى الدرجة ١٥٠ — ٢٠٠°م . ويفضل لنجاح التجربة أن يكون الزيت مكررا . خذ ٣ — ٥ أجزاء من المجفف لكل ١٠٠ جزء من الزيت وامزجها جيدا حتى الذوبان الكامل . وتكون بذلك قد حصلت على الورنيش . اتركه ليبرد ثم جرب تأثير المجفف .

خذ قطعة من الزجاج أو المعدن وادهن قسما من سطحها بطبقة رقيقة من الورنيش والقسم الآخر بطبقة رقيقة من الزيت الصافى والخالى من الوسيط المجفف . وستلاحظ بسهولة كيف أن المجفف يعجل كثيرا جفاف الزيت . واذا كنت قد حضرت عدة مجففات فبامكانك أن تقارن بينها لمعرفة مدى تأثير كل منها .

ويكفى الآن للحصول على الدهان الزيتى أن يمزج الورنيش مع خضب (صبغ) جاهز أو من صنعك . ولكن انتبه هنا الى أن الخضب يجب أن يكون مجففا على أحسن وجه ومسحوقا

ومنخلا خلال أدق منخل متوفر لديك ، أو خلال طبقتين من الشاش .

أضف الورنيش نقطة فنقطة الى هذا المسحوق الدقيق مع فركه جيدا وتحريكه حتى تتكون كتلة متجانسة لزجة تشبه العصيدة افرك الكتلة جيدا مرة أخرى ثم خففها بالورنيش نفسه كي تصبح شبيهة بالدهان العادى . ومن المحتمل أن تحصل على دهان شفاف الأمر الذى يعتبر غير مرغوبا فيه فى بعض الأحيان ولازالة الشفافية يضاف الى الزيت خضب أبيض يقضى على الشفافية ولن يؤثر على اللون النهائى للدهان .

ويجب أن تأخذ بعين الاعتبار أنه مهما كان عملك دقيقا ومتقنا فان الدهان الزيتى الذى ستحصل عليه سيكون أسوأ قليلا من الدهان الذى يباع فى المخزن . ولكنه ، بالرغم من ذلك ، من صنع يديك .

الأخضاب

كانت الأخضاب تسمى منذ عشرات السنين بالدهانات المعدنية للتأكيد على منشئها نظرا لأن الكثير من الأخضاب الطبيعية كان يحضر بسحق المعادن الملونة . واليوم تطبق هذه الطريقة أحيانا ، وخاصة عندما يراد تحضير دهانات براقة زاهية وثابتة لرسم اللوحات الفنية . ولكن الأخضاب الاصطناعية (مختلف أكاسيد وأملاح الفلزات) هى الأكثر استعمالا فى الوقت الحاضر . وتسمى الأخضاب بالأصباغ اذا كانت ذات طبيعة عضوية . وعندئذ تستعمل بصورة رئيسية فى صباغة الأقمشة .

ولنقم الآن بتحضير أخضاب معدنية متعددة الألوان . ولنبدأ بالأخضاب البيضاء .

تقوم مركبات الرصاص والزنك والتيتانيوم بدور الأخضاب البيضاء عادة . وأفضل مصدر للرصاص فى مختبر المنزل هو محلول أسيتات الرصاص القاعدية ذو التركيز ٢٠٪ . وقد سبق واستخدمت هذا المحلول . وبما أن أبيض الرصاص عبارة عن كربونات الرصاص القاعدية $Pb(OH)_2CO_3$ ، لذا فان تحضيره يتوجب امرار ثانى أكسيد الكربون خلال محلول الأسيتات . عندئذ يترسب أبيض الرصاص . ويبقى بعد ذلك أن يرشح ويغسل بالماء ثم يجفف . وتجدر الاشارة هنا الى أن الرشاحة تحتوى على محلول أسيتات الرصاص ولذا حاول الا تسقط مركبات الرصاص على اليدين والوجه ولا يجوز بأى شكل من الأشكال أن تدخل الفم . ويمنع دهن الأوانى المطبخية وجميع الأدوات التى تستعمل فى تحضير الطعام بدهانات تحتوى على مركبات الرصاص (ومجفف رصاصى أيضا) .

ولا تصلح دهانات الزنك التى سنتعرض لها الآن لطلى الأوانى المنزلية ايضا وتنطبق عليها جميع التحذيرات التى ذكرناها بخصوص دهانات الرصاص .

ان المادة الأساسية لتحضير أخضاب الزنك هى كلوريد الزنك $ZnCl_2$. ويمكن الحصول على محلول منه باضافة قليل من الزنك الى حمض الهيدروكلوريك . ويمكنك الحصول على الزنك من بطارية قديمة لأنها مصنوعة من الزنك الصرف تقريبا . أضف الى المحلول الناتج نقطة فنقطة من محلول صودا الغسيل ، فيقوم هذا المحلول أولا بتعديل الفائض من الحمض (والدليل على

ذلك هو تشكل الرغوة) ثم يتفاعل مع كلوريد الزنك مكونا الكربونات $ZnCO_3$. تفصل هذه الكربونات بالترشيح وتغسل بالماء ثم تحمص عند درجة لا تقل عن ٢٨٠° م ومن ناحية أخرى لا يجوز رفع درجة الحرارة عن هذا الحد لأن كربونات الزنك تتفكك عندئذ الى أكسيد الزنك ZnO و CO_2 .

وثمة خضب أبيض آخر من الزنك هو كبريتيد الزنك ZnS . ولتحضيره لابد من الحصول أول على كبريتيد الصوديوم Na_2S . ولهذا الغرض تسخن كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 بشدة (لا تنس أن هذه المادة تباع لتحميض أفلام التصوير) فتتكون عندئذ مادتان هما كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وكبريتيد الصوديوم Na_2S . ونحن بحاجة للمادة الثانية فقط . ولهذا يذاب المزيج بعد تبريده فى الماء ثم يضاف اليه قليل من محلول كلوريد الزنك الذى حصلت عليه فى التجربة السابقة . حاول الا يبقى فائض من الحمض فى المحلول لأن الكبريتيد المتكون يذوب فيه . وبعد الترشيح والتجفيف تحصل على مسحوق أبيض اللون هو ZnS .

ولننتقل الآن الى الأخضاب الملونة . وسنحضر واحدا منها وهو أخضر النحاس أو الزنجار المعتدل .

أضف الى محلول كبريتات النحاس محلول الصودا فيتشكل راسب من كربونات النحاس القاعدية $Cu_2(OH)_2CO_3$. رشح هذا الراسب ثم أضف اليه بحذر نقطة فنقطة من محلول روح الخل حتى يذوب الراسب تماما . بخر المحلول حتى الجفاف تقريبا على نار هادئة مع مراعاة عدم الافراط فى التسخين ودون السماح للسائل بالترذذ ثم اترك الناتج ليبرد . افصل بالترشيح البلورات

الخضراء المزرقة الناتجة ونشفها بوضعها داخل أوراق ترشيح .

يفضل أن تجرى هذه التجربة فى المخبر تحت نافذة سحب الغازات وفى حال اجرائها فى البيت ، فلا تنس أن تفتح النوافذ للتهوية وحتى تزول رائحة الخل .

ولننتقل الى الأخضاب المكونة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، فهى متعددة ويختلف لونها من الأحمر الى البنى . وقد يسود أكسيد الحديد من جراء التسخين الشديد .

يحضر أكسيد الحديد بسهولة بتحميص كبريتات الحديد المائية . ويفضل أن تحمص على دفعات صغيرة وكى يجرى التفكك بسرعة أكبر ، ويتابع التحميص حتى يتحول اللون من الأخضر الى الأسود . وبعد التبريد يتكون الأكسيد Fe_2O_3 ذو اللون الأحمر .

واذا لم يتسن لك شراء كبريتات الحديد المائية فبامكانك أن تحضرها من كبريتات النحاس الأكثر توفرا : ارم فى محلول كبريتات النحاس نثارة من الحديد مغسولة بالبنزين . وبعد أن يتحول لون المحلول من الأزرق الى الأخضر رشحه ثم بخره حتى الجفاف فتحصل على كبريتات الحديد وان كانت ليست نقية تماما (لأن الحديد يتأكسد جزئيا باكسيجين الهواء) الا أنه يمكن استعمالها فى تجاربنا هذه .

يمكن تحضير هيدروكسيد الحديد البنى $Fe(OH)_3$ من محلول كبريتات الحديد بعد أن يضاف اليه هيدروكسيد الصوديوم (وهو كما جاء فى فقرة «القصدير والرصاص» من صودا الغسيل والكلس المطفأ ، ولا تنس أثناء التعامل بأية مادة قلوية من اتخاذ الاحتياطات اللازمة) فيتكون عندئذ راسب من هيدروكسيد

الحديد $Fe(OH)_2$. ولتحويل هذا الأخير الى الهيدروكسيد $Fe(OH)_3$ يكفي أن يؤكسد بفوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسجيني) أو أن يترك في زجاجة مفتوحة ، اذا كان لديك متسع من الوقت ، فيتأكسد بواسطة أكسيجين الهواء . افصل الراسب البني واتركه ليجف في درجة حرارة الغرفة .

ويشتهر بين الأخضاب القائمة على الحديد خضب أزرق يدعى أزرق برلين أو زرقة بروسيا . وفيما يلي طريقة تحضيره : أذب هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ الذي حصلت عليه في التجربة السابقة في حمض الهيدروكلوريك (يمكن استعمال الحمض المخفف الذي يباع في الصيدلية) أو في محلول روح الخل ، وان كان أسوأ من الحمض الأول . امزج المحلول الناتج مع محلول فروسيانات البوتاسيوم (المعروف باسم الملح الدموي الأصفر) فيتكون رأسا راسب أزرق هو أزرق برلين $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ وهذا التفاعل حساس جدا وكثيرا ما يستعمل للكشف عن ايونات الحديد ثلاثي التكافؤ في المحلول .

يمكن أن يضاف أكسيد الرصاص الأصفر ، الذي استعملته لتحضير المجفف ، الى الدهان ليقوم بدور الخضب أيضا . وللحصول على أكسيد الرصاص الأحمر Pb_3O_4 يكفي أن يسخن في الهواء أكسيد الرصاص PbO الذي حضرته سابقا . والمشكلة الدقيقة هنا هي أن تفاعل الأكسدة عكوس بحيث أن الأكسيد الأحمر Pb_3O_4 يتحول في درجة أعلى من الدرجة ٥٠٠°م الى الأكسيد الأصفر PbO من جديد وهذا يعني أن درجة حرارة التفاعل يجب أن تكون تحت الدرجة ٥٠٠°م بقليل ولا يجوز أن تكون أقل منها كثيرا لأن التفاعل لن يحدث عندئذ . ولا

أظن أنه لديك ترمومتر (ميزان حرارة) مناسب لقياس هذه الدرجة . ولكن يمكن أن تحل هذه المشكلة بوضع قطعتين من الرصاص والزنك بجانب الأكسيد المحمص ويكون المجال الواقع بين درجتي انصهارهما ، وهما ٣٢٧°م و ٤٢٠°م على التوالي ، مناسبا للحصول على الأكسيد . وطبيعي أن ينصهر الرصاص أثناء التجربة بينما يبقى الزنك صلبا أثناءها .

والسناج (هباب الفحم) يستعمل كخضب أسود أيضا . واليك طريقة للحصول على سناج جيد نصلح للاستعمال في الدهانات : وجه لهب شمعة من البارافين على سطح بارد لشيء لا يشتعل طبعا . اقشط من وقت لآخر الطبقة الرقيقة السوداء المتكونة . ففي مثل هذه الظروف لا يحترق البارافين كليا والى جانب ثاني أكسيد الكربون CO_2 يتشكل السناج أي الفحم .

وفي الختام سنحضر الأخضاب الخضراء . وسنبدأ بأكسيد الكروم Cr_2O_3 ذي اللون الأخضر الغامق . ولعلكم تذكرون من تجارب الأكسدة والاختزال أن الكثير من مركبات الكروم ملونة مما يجعلها تستخدم كأخضاب تضاف الى الدهانات التي لا تتلامس مع المواد الغذائية .

وستنطلق من بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ، وهي أكثر مركبات الكروم توفرا . اخلط بيكرومات البوتاسيوم مع الفحم الفعال أو الكبريت ثم اسحف المزيج جيدا في هاون . خذ بعد ذلك ٢ غم من هذا المزيج وسخنها جيدا في وعاء خزفي أو معدني (يجرى التفاعل بعنف عندما تكون الكمية كبيرة) . برد المزيج واغسله عدة مرات بالماء ثم رشحه . جفف الراسب الأخضر الغامق المتبقي على ورقة الترشيح وهو أكسيد الكروم .

وثمة طرائق اخرى للحصول على هذا الخضب ، يتم ذلك مثلا بتسخين بيكرومات الأمونيوم ، أو مزيج من بيكرومات البوتاسيوم مع كلوريد الأمونيوم . وتجدر الاشارة الى أن أكسيد الكروم المتكون فى هذه التفاعلات لا يستخدم كخضب أخضر فحسب ، وانما يستعمل كمادة حالة دقيقة تعتبر من أفضل المواد فى هذا المجال ، وهو يدخل فى تركيب العديد من معاجين الصقل الدقيقة جدا والتى تستعمل ، مثلا ، فى صقل وتلميع عدسات ومرايا الأجهزة الضوئية .

ويبقى أخيرا أن نذكر الخضب الأخضر هيدروكسيد الكروم وهو يوصف «بالأخضر الزمردى» أيضا ، ويتميز عن الهيدروكسيد الرمادى العادى ذى التركيب ذاته بأنه يتألف من حبيبات وجسيمات أكبر .

اصهر بيكرومات البوتاسيوم مع حمض البوريك فى ملعقة حديدية ويجب التسخين حتى الدرجة الحمراء للحديد ، وعليه ينبغى مسك الملعقة بالملقط . عالج الصهارة ، بعد تبريدها ، بالماء ثم رشح المزيج ، وستتأكد من أن لون المادة هو فعلا أخضر زمردى .

وبعد أن حصلت على كمية كافية من الأخضاب ، يستحسن أن تستفيد منها فى تركيب الدهانات الزيتية التى صنعتها بنفسك أو الدهانات الجاهزة التى اشتريتها من المخزن كأن تضيفها مثلا الى دهان أبيض أو طلاء اصطناعى .

الدهانات المائية

كثيرا ما تصادف فى الكتب القديمة تسميات لأصباغ غريبة مثل الصندل الأحمر والكارمين (القرمز) والسبيدج وشجرة

البقم ... وغيرها . ولا يزال البعض من هذه الأصباغ يستعمل حتى فى الوقت الحاضر ولكن بكميات قليلة جدا وفى مجال خاص جدا وهو تحضير الدهانات التى تستعمل فى رسم اللوحات الفنية . والواقع أن الأصباغ الطبيعية التى تحمل مثل هذه الأسماء الجميلة تحضر من النباتات والحيوانات ، وهذا ، كما تعلمون ، أمر معقد وغالى الثمن ، وان كانت الأصباغ الطبيعية تتميز بوضوحها وصفائها ومتانتها ومقاومتها للضوء .

ولعل من الممتع والطريف التحقق من ذلك . ولكن كيف ؟ فشجرة البقم تنمو فى أمريكا الجنوبية ، وشجرة الصندل الأحمر تنمو فى جنوبى آسيا ، ويستخلص السبيدج من حيوان الحبار (وهو حيوان بحرى هلامى) ويستخلص الكارمين من حشرات صغيرة جدا .

وبالرغم من كل ذلك ، فبامكانك الحصول على أصباغ طبيعية فى منزلك وأينما كنت . فالنباتات التى تحيط بك تحوى مواد ملوّنة وان كانت ليست على هذه الدرجة من الصفاء والمتانة كما فى الأصباغ الآنفة الذكر . وكان أسلافنا يستعملون هذه المواد كثيرا . وسنحاول نحن استخلاص الأصباغ من النباتات لاستعمالها بعد ذلك فى تحضير الدهانات المائية . لذا فمن الطبيعى أن تكون هذه الأصباغ جيدة الذوبان فى الماء .

سنحضر جميع الأصبغة بطريقة واحدة تقوم على سحق النبات أو جزء منه ثم غليه فى الماء فترة طويلة بغية الحصول على محلول مركز لزج ، ولا داع هنا للحصول على أصبغة جافة لأن هدفنا الأخير هو تحضير دهان يذوب فى الماء .

وأود أن ألفت انتباهك الى قضية هامة جدا وهى : لا تأخذ

سوى النباتات التى يسمح بجمعها فى المنطقة التى تعيش فيها ولا يجوز فى أى حال من الأحوال قطف الازهار واقتلاع النباتات النادرة الموضوعة تحت حماية السلطات المحلية . ولكى لا تلحق الضرر بالطبيعة يجب أن تكتفى بجمع عدد محدود من النباتات .

وسيلة ضد الصدأ

لا تستعمل الأوراق والأغصان والجذور والثمار لتحضير الأصباغ فحسب ، وانما تحضر منها عشرات المواد المفيدة الأخرى . وقد تتعجب اذا قلنا أن النباتات تحتوى على مركبات عضوية تستطيع حماية الفلزات من التآكل .

تصور أنه يراد تنظيف قطعة فولاذية ضخمة من الصدأ . فهل ستقوم بحكها بورق صنفرة ؟ طبعا لا ، وانما ستستخدم طريقة كيميائية ، كالتنظيف بالحمض مثلا ، ولكن لنفرض أنك غطست هذه القطعة فى محلول حمض ما يزيل الصدأ فانه من المحتم عندئذ أن يذوب قسم من الفلز فيه لانك لا تستطيع ، مهما حاولت ، منعه من الاحتكاك بالحمض .

اذن ، فالجواب واضح وهو أنه نحتاج الى محلول يزيل الصدأ ولا يؤثر على المعدن . والواقع أنه تستخدم منذ وقت طويل محاليل كالمحلول المذكور . ففيها يدخل الى جانب الحمض مادة هامة أخرى تدعى مثبط التآكل . وهى مادة تبطىء كثيرا ذوبان المعدن ولا تعيق أبدا ذوبان أكاسيده وهيدروكسيداته ، أى المواد التى تنتج من تآكله .

تستخدم فى المصانع مثبطات تحضر غالبا بطريقة اصطناعية ،

ونذكر من بينها سداسى ميتيلين التترامين . وهو يباع فى الصيدليات تحت اسم «الأوروتروبين» . والآن اذا أخذت قطعتين متماثلتين من الحديد ووضعتهما فى انبوبى اختبار يحوى الأول محلولا ضعيفا من حمض الهيدروكلوريك ويحوى الانبوب الثانى المحلول ذاته مضافا اليه قليل من الأوروتروبين ، لاحظت بسرعة الفرق بين الحالتين حيث يكون ذوبان المعدن بطيئا جدا فى المحلول الحاوى على المثبط

ولكن غايتنا هى استخلاص مثبطات التآكل من النباتات وسنستعين لهذا الغرض بأوراق وأغصان البطاطس والبندورة (الطماطم) .

تقطع الأوراق والأغصان بالسكين قطعا صغيرة وتغمر فى محلول مخفف (لا يزيد تركيزه عن ٥٪) من حمض الهيدروكلوريك . وفى حال استخدامك لحمض الهيدروكلوريك الذى يباع فى الصيدلية فانه يكفى أن يخفف مرتين فقط حتى تحصل على المحلول المطلوب . احفظ المزيج فى وعاء مغلق واتركه عدة أيام أو أسبوع كى تكتمل عملية الاستخلاص . وعندما يصبح المحلول جاهزا يمكن استعماله لتنظيف الصدأ . ويحضر محلول التنظيف عندما يكون الصدأ كثيرا جدا كما يلى : أجزاء من محلول الاستخلاص مع ٤٠ جزءا من حمض الهيدروكلوريك المركز و ٧٥ جزءا من الماء (تحول الأجزاء الى حجوم لسهولة التحضير) . وعندما يكون الصدأ قليلا تؤخذ ١٠ أجزاء من محلول الاستخلاص وحوالى ٢٠ جزءا من الحمض ويمكن زيادة كمية الماء قليلا .

وبامكانك غمر القطع المعدنية التى يعلوها الصدأ فى مثل

هذه المحاليل حيث تصبح نظيفة بعد فترة ، ولن تؤثر أبدا على المعدن نفسه .

اذن ، فما هي المواد الموجودة في النباتات والتي تحمي الفلز جيدا من التآكل ؟ انها جملة من المركبات . وتشمل أشباه القلويات وبولى السكريدات والبروتينات والمواد المخاطية والعفصية . فجميعها قادرة ، وان كان بدرجة مختلفة ، على الامتزاز على سطح المعدن والبقاء عليه ، مما يحول دون حدوث تماس مباشر بين المعدن والحمض . ولا ترغب هذه المواد في الاتحاد مع الصدأ ، وتتركه يذوب في الحمض دون أي عائق .

لندهن بلا دهان

يمكننا أن ندهن بلا دهان السطوح المعدنية وذلك بطليها (كيميائيا أو كهركيميائيا) بطبقة رقيقة من الأكاسيد أو الأملاح التي تلتصق جيدا على السطح . ولكن تنفيذ ذلك ليس بالأمر السهل . والدليل على ذلك هو أن الحديد يتغطى في الهواء الرطب بسرعة (ودون مساعدتنا) بطبقة بنية حمراء من نواتج الأكسدة وهي بكل بساطة طبقة من الصدأ . ولكن طريقة الطلاء هذه لا تصلح لأي شيء أبدا لأن الصدأ لا يلتصق جيدا بجسم المعدن ويلوث اليدين عند لمسه .

وسنورد هنا عدة طرائق لدهن الفلزات الحديدية ، يمكن اجراء البعض منها فقط في البيت بينما يحتاج البعض الآخر الى كواشف كيميائية لا يمكنك شراؤها في الصيدلية أو في المخازن العادية . ولكننا نأمل أنك أصبحت عضوا في الحلقة الكيميائية في مدرستك .

يسود النحاس والنحاس الأصفر (الشبه) بسرعة في الهواء ولكنهما يحافظان على لمعانهما اذا ما طليا بطريقة كيميائية . والاعداد لهذه الطريقة يتطلب فترة من الزمن لأن سطح المادة يجب أن يكون نظيفا جدا وخاليا من الوسخ والدهن ، ولهذا الغرض يصقل السطح جيدا ويمسح بعدها بقطعة قماش مبللة بالبنزين ثم يفرك بطباشير رطب . تغسل القطعة النحاسية تحت ماء جار وتعلق بخيط متين ولا يجوز بعد ذلك لمسها باليد كي لا تبقى بقع دهنية على سطحها (حتى ولو كانت اليد جافة تماما ، فانه يوجد على الجلد قليل من الدهن) . غطس القطعة في محلول مخفف من حمض النتريك (الآزوت) (٥ — ١٠ ملل في ١٠٠ ملل من الماء) ثم اغسلها بماء ساخن . وتصبح القطعة جاهزة عندئذ .

والآن يتعلق الأمر باللون الذي قررت أن تدهن به النحاس . فاذا كان أسود ، فما عليك الا أن تتركه خمس دقائق في محلول يحتوي كل ١٠٠ ملل من الماء فيه على ٠,٩ غم من الصودا الكاوية و ٠,٣ غم من فوق كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2S_2O_8$ (وهي مادة تستعمل في التصوير) . ويجب أن تكون درجة حرارة المحلول ٩٠ — ١٠٠°م .

ويتلون النحاس والنحاس الأصفر بلون بني كلون الشوكولا بعد غمرهما في محلول من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات النيكل $NiSO_4$ وكبريتات النحاس $CuSO_4$ (٤,٥ و ٢ و ١٠,٥ غم على التوالي في ١٠٠ ملل من الماء)، تتراوح درجة حرارته بين ٩٠° و ١٠٠°م أيضا . ويتحول لون النحاس الأصفر الى لون أزرق سماوي بعد تركه فترة قصيرة في محلول يتألف من ٣ غرامات

من أسيتات الرصاص و ٦ غرامات من ثيوكبريتات الصوديوم (الهيبوسولفيت) و٥ غرامات من حمض الخليك و ١٠٠ ملل من الماء ويجب أن تكون درجة حرارة هذا المحلول حوالى ٨٠° م .

ويمكن جعل النحاس أخضر اللون . ولهذا يكفى أن يغمر فى محلول تركيبه كالتالى : فى كل ١٠٠ ملل من الماء يوجد ٢٠ غم من نترات النحاس $CuNO_3$ و ٣٠ غم من هيدروكسيد الأمونيوم و ٤٠ غم من كلوريد الأمونيوم و ٤٠ غم من أسيتات الصوديوم (يمكن الحصول على محلول منها بتفاعل الصودا مع الخل) . ونلفت انتباهك الى أنه يجب التعامل بنترات النحاس بحذر ومنعها من السقوط على الوجه أو فى الفم خاصة .

ولعلك لاحظت أننا لم نعين زمن التفاعل فى جميع التجارب باستثناء تجربة اسوداد النحاس . وعليك أن تعينه بنفسك تجريبيا آخذا بعين الاعتبار أن اللون يشتد كلما طال زمن التفاعل .

والفلز التالى الذى يمكن طلاؤه كيميائيا هو الزنك . وهو قليل الاستعمال الا أن الأدوات المطلية به معروفة جيدا ويمكننا استخدام أية أداة قديمة منها لاجراء التجارب عليها . ولهذا الغرض يغسل سطحها بمحلول الصودا أو يمسح بقطعة قماش مبللة بالبنزين ثم يغسل بالصابون والماء الساخن ويشطف عدة مرات بالماء والآن يمكن أن نضع على السطح المطلى بالزنك المواد التى تتفاعل معه وتعطى مركبات ملونة . ونورد فيما يلى كيفية تحضير هذه الألوان .

اللون الأسود : جزءان من نترات النحاس و ٣ أجزاء من أكسيد النحاس و ٨ أجزاء من حمض الهيدروكلوريك و ٦٤ جزءا من الماء . بعد ظهور اللون يغسل السطح بالماء ويجفف .

اللون الأخضر : ١٠ أجزاء من كبريتات النحاس و ١٠ أجزاء من حمض الطرطريك و ١٢ جزءا من الماء و ٢٤ جزءا من محلول الصودا الكاوية فى الماء (١ : ١٥) . يشطف السطح بالماء حالما يظهر اللون والا ستظهر مسحة بنية عليه .

اللون الأزرق : ٦ غم من ملح للنيكل و ٦ غم من كلوريد الأمونيوم فى كل ١٠٠ ملل من الماء .

اللون الذهبى : يمزج محلول مؤلف من جزء واحد من حمض الطرطريك وجزئين من الصودا وجزء واحد من الماء مع غضار نظيف . يفرك السطح بهذا المزيج . ويشطف بالماء بعد أن يجف .

اللون البنى البرونزى : جزء واحد من النحاس الأخضر (الزنجار المعتدل) و ٥ أجزاء من حمض الخليك . يفرك السطح بالمزيج ثم يغسل بالماء ويجفف .

اللون النحاسى : لما كان الزنك أنشط من النحاس ، لذا يكفى أن يبلل بمحلول ملح نحاسى ، ككبريتات النحاس مثلا .

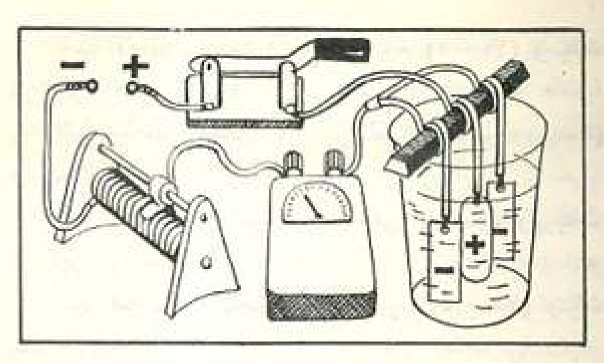
ونذكر بالمناسبة أنه يمكن بهذه الألوان رسم لوحة ما على سطح الزنك .

ولننتقل من الزنك الى الألومنيوم . ولكن طلاء الألومنيوم أعقد بعض الشىء ويستغرق وقتا أطول ولا يتم الا بواسطة التيار الكهربائى . وهنا يستغنى عن أكسيد الألومنيوم وأملاح الألومنيوم وتطبق طريقة أخرى تعرف باسم الأنودة . وتتلخص هذه الطريقة فيما يلى : تغمر قطعة الألومنيوم فى الكتروليت ويمرر خلالها تيار كهربائى فتتكون عندئذ على سطحها طبقة من الأكسيد يقل ثخنها عن ٠,١ ملم . وباعتبار أن قطعة الألومنيوم تقوم بدور

الأنود لذا سميت العملية بالأنودة . وتكون طبقة الأكسيد هذه مملوءة بمسامات دقيقة جدا تثبت الأصباغ فيها جيدا . ويمكن دهن السطح المأنود بأصباغ عضوية وطبيعية ، ولكن يفضل استعمال المواد اللاعضوية لهذا الغرض . وتعالج القطعة عادة فى محلولين ملوّنين بالتتابع وعندها تبقى نواتج التفاعل الملونة فى المسامات .

اصقل قطعة الألومنيوم ثم امسحها بالبنزين أو الأسيتون لنزع الدهن عنها . اغسلها بماء ساخن واربطها بسلك وغطسها فى محلول من الصودا الكاوية تركيزه ٥٪ اتركها فى المحلول ثلاث دقائق ثم اغسلها بالماء مرة أخرى وغطسها فى محلول ضعيف من حمض الترتيك (٢٠ — ٣٠ ملل من الحمض فى ١٠٠ ملل من الماء) . وطبيعى أنه لا يجوز الآن لمس القطعة وانما يجب أن تمسك بملقط . اغسل القطعة من جديد بماء ساخن أولا ثم بماء بارد . وعلقها داخل الكأس . ولهذا الغرض يوضع قضيب خشبى أو قلم رصاص على فوهة الكأس ويلف عليه السلك بحيث تصبح القطعة معلقة داخل كأس وعلى ارتفاع عدة سنتيمترات فوق قعره . اربط القطعة بالقطب الموجب لمنبع التيار . علق الكاتودين ، وهما صفيحتان من الفولاذ ، بالطريقة السابقة . وكمنبع للتيار يمكن استخدام بطاريات صغيرة الا أنها تستهلك بسرعة . ويفضل استخدام مركم أو محلول مع مقوم .

اسكب فى الكأس محلولا من حمض الكبريتيك (٢٠ ملل من الحمض فى ١٠٠ ملل من الماء) . ضم الى السلسلة مفتاح كهربائى ومقاوم متغير لتنظيم التيار . ويجب أن تشمل السلسلة جهازا لقياس شدة التيار (الميلى أمبير متر) . اقفل السلسلة



واجعل التيار يساوى ٢٠ — ٢٥ ميلى أمبير لكل ١ سم² من السطح . لاحظ كيف أن القطعة تتغطى رأسا بفقاعات الغاز . وهذا يعنى أن الأكسيجين ينطلق ويؤكسد الألومنيوم وتستمر العملية حوالى ساعة واحدة فى درجة حرارة الغرفة .

اغسل القطعة المأنودة تحت ماء جار . وغطسها بعد ذلك فى محلولين ملوّنين على التوالى بشرط أن تبقى فى كل منهما مدة تتراوح من ٥ الى ١٠ دقائق ثم اغسلها بعد كل مرة تحت ماء جار . وأخيرا اغسل القطعة الملونة بالماء واتركها لتجف .

واليك فيما يلى تراكيب المحاليل الملوّنة وتراكيزها المحتملة (بالغرامات فى كل ١٠٠ ملل من الماء) :

اللون الأزرق : فروسيانيد البوتاسيوم (١ — ٥) وكلوريد الحديد ثلاثى التكافؤ (١ — ١٠) ؛

اللون البنى : فروسيانيد البوتاسيوم (١ — ٥) وكبريتات النحاس (١ — ١٠) ؛

اللون الأسود : أسيتات الكوبلت (٥ — ١٠) وبرمنجنات البوتاسيوم (١,٥ — ٢,٥) ؛

اللون الأصفر : بيكرومات البوتاسيوم (٥ — ١٠) وأسيتات الرصاص (١٠ — ٢٠) ؛

اللون الأصفر الذهبي : هيبوسولفيت الصوديوم (١ — ٥) وبرمنجنات البوتاسيوم (١ — ٥) ؛

اللون الأبيض : أسيتات الرصاص (١ — ٥) وكبريتات الصوديوم (١ — ٥) ؛

اللون البرتقالي : بيكرومات البوتاسيوم (٠,٥ — ١) ونترات الفضة (٥ — ١٠) .

الطلاء بالكهرباء (الطلاء الغلفاني)

من الطبيعي أن ننتقل بعد أنودة الألومنيوم الى تجارب كيميائية كهربائية أخرى طالما وأنه تتوفر بين أيدينا جميع الأدوات اللازمة لذلك من مغطس الكتروليتي ومنبع للتيار ومقاوم متغير ومفتاح كهربائي وغيرها . وسنقوم في هذه التجارب باستخلاص الفلز من المحلول ثم طليه على سطح ما . وتسمى هذه العملية بالطلاء بالكهرباء أو الطلاء الغلفاني . ونشير في هذه المناسبة الى أن أنودة الألومنيوم تنتمي الى عمليات الطلاء بالكهرباء .

وسنتعلم أولا كيفية طلاء سطح فولاذي بالنحاس . والطلاء بالنحاس عملية واسعة الانتشار في الصناعة . وهي ليست عملية مستقلة بذاتها فحسب ، وانما تطبق (وفي أكثر الأحيان) كعملية تمهيدية تسبق عملية التغطية بطبقات من الكروم والنيكل والفضة أكثر متانة وجمالا من الطبقة النحاسية . ويعزى السبب في اللجوء الى الطلاء بالنحاس كمرحلة أولى الى أن النحاس يلتصق

جيدا على الفولاذ ويملاء جميع الثقوب والفجوات على سطحه فيجعله أملس وناعما ، أضف الى ذلك أن الفلزات الأخرى تترسب جيدا على الطبقة النحاسية . ويبدو وكأن كل شيء بسيط : اذ يكفي أن تعالج قطعة الفولاذ بمحلول كبريتات النحاس حتى يقوم الحديد الأكثر نشاطا وفعالية من النحاس بطرد هذا الأخير من المحلول فيترسب على السطح . والواقع أن هذا ما يحصل فعلا (يمكنك التأكد من ذلك بتغطيس مسمار نظيف في محلول $CuSO_4$) ولكن طبقة النحاس المتكونة على السطح تكون هشة جدا ويمكن أن تزول بسهولة بمجرد مسحها بقطعة قماش . أما المعالجة الكيميائية الكهربائية ، فتجعل طبقة النحاس متساوية ومتينة .

واليك طريقة بسيطة جدا للطلاء بالنحاس : انزع الطبقة العازلة من نهاية سلك كهربائي ، وشعث الأسلاك النحاسية الرفيعة فيه بحيث تأخذ شكل «الفرشاة» . ولسهولة العمل اربطها بقضيب خشبي أو قلم رصاص واربط الطرف الآخر من السلك بالقطب الموجب لبطارية مصباح جيب كهربائي . اسكب الالكتروليت ، (وهو محلول مركز من كبريتات النحاس يفضل أن يكون محمضا قليلا) في كأس واسع يمكن غمس «الفرشاة» فيه بسهولة . حضر صفيحة من الفولاذ أو أية قطعة أخرى يفضل أن يكون سطحها مستويا . افركها بورق صنفرة ناعم ، ونظفها بغليها في محلول صودا الغسيل . ضع الصفيحة في المغطس وأوصلها بالقطب السالب للبطارية . والآن أصبحت السلسلة جاهزة ، ولم يبق علينا الا أن نضيف الالكتروليت . اغمس «الفرشاة» في محلول كبريتات النحاس ثم مررها أمام الصفيحة دون أن تلمس سطحها

وحاول أن تبقى دائما طبقة من الالكتروليت بين الصفيحة والفرشاة . ويجب أن تبقى الأسلاك مبللة بالمحلول . وستلاحظ أن الصفيحة ستتغطى بطبقة حمراء من فلز النحاس . وتستغرق العملية عدة دقائق . واذا كان السطح أكبر احتاجت العملية وقتا أطول وبطارية اضافية توصل على التوالى مع البطارية الأولى . وبعد انتهاء الطلاء تجفف القطعة فى الهواء وتفرك طبقة النحاس الربداء بقطعة قماش من الصوف حتى تصبح لماعة .

وبالمناسبة ، يمكن اجراء هذه التجربة على صفيحة من الألومنيوم أو الزنك . وهذه العملية ، التى لا تغطس فيها القطعة فى مغطس الكتروليتى ، وانما تعالج من الخارج باضافة الالكتروليت طيلة الوقت ، تطبق أحيانا فى الصناعة ، وبخاصة عندما تكون القطع كبيرة جدا ولا يتوفر لها مغطس ملائم ، كما هو الحال عندما يراد تجديد الطلاء على هيكل باخرة عابرة للمحيطات ... ومع ذلك ، فان القطع عندما تكون صغيرة تغطس عادة فى مغطس الكتروليتى . فهذه عملية أسرع وأبسط . وهذا ما يلجأ اليه عادة أثناء طلاء الفولاذ بالنيكل ، أو بعبارة أدق ، قبل الطلاء بالنيكل ، لأن طلاء الفولاذ بالنحاس أولا مر لا بد منه فى هذه الحالة .

افرك القطعة المعدنية التى تريد طلاوءها بالنيكل (ولتكن صنبور ماء أو لوحة تريد تعليقها على الباب) بورق صنفرة انزع طبقة الأكسيد عنها ، ونظفها بالفرشاة ، ثم اغسلها جيدا بالماء ، وضعها بعد ذلك فى محلول ساخن من صودا الغسيل . اسحبها من المحلول واغسلها بالماء مرة أخرى . علق فى كأس أو زجاجة واسعة صفيحتين نحاسيتين (الأنود) بواسطة سلكين (يفضل

أن يكونا من النحاس) . علق القطعة بينهما (يتم التعليق كما ذكرنا آنفا بلف الأسلاك حول قلم رصاص يوضع على فوهة الكأس أو الزجاجة) . أوصل سلكى الصفيحتين النحاسيتين فيما بينهما واربطهما بالقطب الموجب لمنبع التيار . ثم اربط القطعة بالقطب السالب . أدخل فى السلسلة مقاوم متغير لتنظيم التيار وجهاز ميلى أمبير متر لقياس شدة التيار . استعمل كمنبع للتيار ثلاث بطاريات لمصباح جيب كهربائى متصلة على التوالى ، أو مركم لا يزيد جهده عن ٦ فولط .

اسكب محلول الالكتروليت (وهو يتألف من ٢٠ غم من كبريتات النحاس و ٢ ـ ٣ ملل من حمض الكبريتيك فى كل ١٠٠ ملل من الماء) فى الكأس بحيث يغمر الالكترودات كليا . اجعل التيار ، مستعينا بالمقاوم المتغير ، يتراوح من ١٠ الى ١٥ ميلى أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد من سطح القطعة . اقطع التيار بعد عشرين دقيقة ، واسحب القطعة من المحلول ، فتلاحظ أنها أصبحت مغطاة بطبقة رقيقة من النحاس . احتفظ بالالكتروليت لانك ستحتاجه فيما بعد .

ويبقى بعد ذلك اجراء الطلاء بالنيكل . حضر الكتروليتا جديدا (٣٠ غم من كبريتات النيكل و ٣,٥ غم من كلوريد النيكل و ٣ غم من حمض البوريك فى كل ١٠٠ ملل من الماء) واسكبه فى كأس آخر ، حضر الكترودين من النيكل وغطسهما فى الالكتروليت ثم اجمع السلسلة السابقة وافتح التيار واتركه حوالى عشرين دقيقة أيضا ، اسحب القطعة من المحلول واغسلها بالماء ثم جففها ، فتلاحظ أنها تغطت بطبقة باهتة من

النيكل ، ولا يبقى الا أن تصقل هذه الطبقة جيدا لتبدو لماعة كالمعتاد .

يستعمل عادة حمض الكروميك كالكتروليت فى عملية الطلاء بالكروم . وباعتبار أن هذا الحمض غير متوفر لديك ، لذا سنحاول اللجوء الى طريقة أخرى . اشتر أكسيد الكروم ، واصهره مع الصودا فى الهواء ، أى سخن المزيج فى وعاء معدنى نظيف ، فتحصل بعد ذلك على كرومات الصوديوم Na_2CrO_4 . أذب الكرومات فى الماء . رشح المحلول ، ثم حمضه قليلا بحمض الكبريتيك . والآن يمكن استعمال هذا المحلول للطلاء بالكروم . ولاحاجة لتحضير كرومات الصوديوم اذا كانت متوفرة لديك وجاهزة للاستعمال .

امسح القطعة الصغيرة التى تود طلاؤها بالكروم بورق صنفرة ، وانزع الدهن عنها ، ونظفها بمحلول حمضى ضعيف ، ثم اغسلها جيدا ، واستعملها ككاتود بربطها بالقطب السالب لمنبع التيار . ويجب أن يكون الأنود خاملا هنا . ولهذا يستعمل الغرافيت الذى يمكنك الحصول عليه من بطارية قديمة .

يجب استعمال مركم أو عدة بطاريات لمصباح الجيب كى تحصل على التيار اللازم لعملية الطلاء بالكروم . ويمكنك أن تعين بنفسك مدة التجربة والتيار اللازم لها . اسحب القطعة بعد انتهاء العملية ، واغسلها جيدا ، ثم اصقلها حتى اللمعان .

التشغيل أو القولبة الغلفانية

ثمة عملية كيميائية كهربائية أخرى تدعى القولبة الغلفانية . وهى منتشرة جدا ، وتتلخص فى ترسيب طبقة سميكة من الفلز على

سطح مادة ما يراد الحصول على شكل مماثل تماما لشكلها . وتطبق هذه العملية عندما يكون للقطعة المعدنية شكل معقد جدا يصعب أو حتى يتعذر تقليده بالطرائق العادية المألوفة (بالصب أو بالمعاملة الميكانيكية) . وهكذا تصنع التماثيل أحيانا من النماذج المصممة لها (استخدمت هذه الطريقة لتحضير عربة أبولو المعروضة فى الواجهة الأمامية لمسرح البولشوى فى موسكو) ، وتنسخ بواسطتها من عينة التسجيل القياسية القوالب المعدنية التى تضغط فيها الاسطوانات فتنطبع عليها الأخاديد والنقوش بدقة تامة .

حضر محلول الطلاء بالنحاس اذا لم يبق منه شىء من العملية السابقة . خذ قطعة من الشمع أو البارافين وابسط سطحها كى يصبح أملس ومستويا بقدر الامكان . اكتب على هذا السطح الأملس اسمك أو ارسم عليه صورة أو زخرفة ما . وننصح بكتابة اسمك كى تحصل على طغراء خاصة بك . وتفضل الكتابة بالابرة بشرط ألا تترك خدوشا عميقة . انشر على سطح الصورة بفرشاة ناعمة مسحوقا ناقلا للكهرباء ، وليكن مثلا مسحوق الغرافيت المأخوذ من قلم رصاص عادى ، أو بطارية لمصباح الجيب . الصق بالسطح المغطى بالغرافيت على طرفى الصورة سلكين رفيعين من النحاس (سيقومان بنقل التيار) واربطهما مع بعضهما البعض . علق قطعة الشمع فى الكأس المملوء بالالكتروليت ، وغطس فيه الالكترود النحاسى ، ثم كمّل السلسلة كما فى حالة الطلاء بالنحاس . وبما أن العملية هنا تختلف عن الطلاء بالكهرباء فى أنها تحتاج الى تيار أضعف بكثير ، ويتراوح من ٥ الى ١٠ ميلى أمبير ، لذا يجب وضع

القطعة النقالة على المقاوم المتغير للحصول على التيار المطلوب . أوصل التيار وانتظر متحليا بالصبر لأن النحاس سيترسب على السطح فى هذه الحالة خلال خمس ساعات على الأقل . ولكن لا داع أبدا لزيادة شدة التيار بغية تسريع العملية لأن النوعية ستسوء عندئذ . اقفل التيار واسحب قطعة الشمع من الكأس ثم اغمسها بحذر فى ماء ساخن . عندئذ ينصهر الشمع ، وتبقى بين يديك الصفيحة النحاسية بالشكل الذى أردته . افصل عنها السلكين النحاسيين ، وتصبح النسخة الدقيقة جاهزة .

والآن ننتقل الى عمل مفيد ، وهو تحضير ميداليات فريدة من نوعها لن يملكها أحد سواك ، واذا قمت بصنع عشرين أو ثلاثين ميدالية منها ، فانها ستبقى كذكرى عن رحلات أو مباريات رياضية ...

وهنا سنترك لك الحرية الكاملة فى اختيار الرسم الذى تراه مناسبا ، ولكن ننصحك بألا تعقد الأمور وأن تختار رسوما سهلة . اصنع من الكرتون الرقيق طبعة مماثلة للرسم وتعبر تماما عن شكله الخارجى . ضع هذه الطبعة على صفيحة رقيقة من النحاس وقص بموجبها العدد الذى ترغب الحصول عليه من الميداليات . ولكن الطبعة النحاسية تكون لينة عادة ، ولجعلها صلبة الى حد ما تغطى بطبقة أخرى من النحاس فى مغطس غلفانى . وأظن أنه بامكانك الآن القيام بمثل هذا العمل . واليك بعض النصائح الخاصة بصنع الميداليات .

اثقب الطبعة فى طرفها بالابرة . وأدخل خلال الثقب سلكا معدنيا رفيعا . اغسل الطبعة بالماء ونشفها ثم امسحها بعد ذلك بالبنزين . اغسلها مرة أخرى ، وامسكها بالملقط ، وغطسها

لمدة نصف دقيقة فى محلول مخفف من حمض النتريك (تركيزه حوالى ٥٪) . وأخيرا اغسلها تحت ماء جار ، ثم علقها على قضيب معدنى . وأدخلها فى كأس يحوى صفيحتين من النحاس تقومان بدور الأنود (تقوم الطبعة بدور الكاتود) . املاء الكأس بالالكتروليت (٢٥ غم من كبريتات النحاس و ١,٥ ملم من حمض الكبريتيك فى كل ١٠٠ ملل من الماء . ويفضل أن يكون الماء مقطرا) . استعمل كمنبع للتيار مركما أو محولا مع مقوم . ويجب أن يبلغ التيار فى السلسلة حوالى ١٠ ميلى أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد . ومن الضرورى أن يتراوح سمك الطبقة النحاسية من ٠,٥ ملم الى ٠,٨ ملم . اغسل الطبعات بعد انتهاء الطلاء بالنحاس . واذا أردت أن تكتب اسمك على الميدالية فاستعن بابرة لذلك . غط القسم من السطح الذى لا يراد طلاؤه بالبارافين أو بطبقة رقيقة من الصمغ . غطس الطبعة فى الالكتروليت ، وأوصل التيار مرة أخرى كى يتغطى القسم المكشوف بطبقة من النحاس ويصبح نافرا وبارزا . وبعدها يمكنك أن تنزع البارافين أو الصمغ . انقش على الميدالية ، اذا استطعت ، أية كتابة تريدها ثم الحم بها دبوسا من الجهة الخلفية .

وأخيرا يبقى علينا أن نعطى الميدالية شكلا جميلا . ويصلح لذلك الطلاء الكيميائى أو الطلاء الكهربائى بالنيكل . ولكن الأفضل أن تبدو وكأنها مصنوعة من الفضة القديمة .

حضر محلولا من نترات الفضة تركيزه ٢ — ٣٪ (يمكن أن يذاب فى الماء القلم الحارق أو قلم جهنم الذى يباع فى الصيدلية) . أضف اليه حمض الهيدروكلوريك على دفعات صغيرة وبمعدل

ثلاثة أو أربعة حجوم لكل حجم واحد من المحلول . افصل المحلول عن راسب كلوريد الفضة الناتج . اغسل هذا الراسب عدة مرات بالماء المقطر وذلك بسكب الماء عليه بلطف وعلى قضيب زجاجى كى لا يضيع قسما منه . أضف الى الراسب المغسول دفعات صغيرة من محلول يوديد البوتاسيوم ذى التركيز ٣٠٪ حتى يذوب بأكمله . أضف الماء حتى يعود حجم المحلول الى ما كان عليه فى البداية . ونشير الى أن الالكتروليت هنا يجب أن يعادل الحجم الذى حضر للطلاء بالنحاس . غطس الميداليات (ستقوم بدور الكاتود) فى هذا الالكتروليت واستعمل قضبانا من الغرافيت لتقوم بدور الأنود ويفضل أن تأخذها من البطاريات وليس من أقلام الرصاص لأن سطحها يجب أن يزيد قليلا عن سطح الميدالية . ويجب أن تكون شدة التيار حوالى ١ ميلى أمبير/سم^{٢} .

وهكذا يتغطى سطح الميدالية بطبقة من الفضة وتظهر جديدة . ولكن ليس من الصعب تسويدها وجعلها تبدو وكأنها مصنوعة من فضة قديمة ... سخن محلولا مائيا من كبريتيد البوتاسيوم تركيزه ٠,٥ — ١٪ حتى الدرجة ٥٠°م . ففى هذا المحلول يتغير لون الميداليات تدريجيا فهى تصبح رمادية فى أول الأمر ثم تزرق وتسود فى النهاية . اغسل الميداليات بعد ذلك وامسحها بقطعة من الجوخ . عندئذ تبيض الأقسام النافرة أو البارزة منها وتبقى الأقسام الأخرى سوداء اللون . وهكذا تظهر الميداليات وكأنها مصنوعة من فضة قديمة .

غشاء العتق النبيل

تعلمنا ان نسكب الفضة بطريقة سريعة سوادا جميلا . والآن سنحاول بالسرعة ذاتها الحصول على غشاء العتق النبيل .

من المعروف أن القطع النحاسية والبرونزية تتغطى تدريجيا فى الهواء الرطب بغشاء أخضر . فالسمعدانات والساعات النحاسية القديمة والتماثيل البرونزية المنصوبة فى الساحات العامة تخضر وتسود ويتكون عليها غشاء يدعى غشاء العتق النبيل وهو يقدر عاليا عند هواة الفن .

ويتطلب تشكل غشاء العتق وقتا طويلا يمتد سنوات عديدة يقوم أثناءها الهواء الرطب والحاوى على ثانى أكسيد الكربون بالتأثير على المواد النحاسية والبرونزية ، فتتكون عندئذ طبقة من كربونات النحاس القاعدية التى يشبه تركيبها تركيب معدن المالاشيت المشهور . وليس بامكاننا تحضير هذا المعدن لأنه يستحيل علينا أن نقلد تماما بنيته البلورية المتراصة . ولكن صنع غشاء العتق لن يستغرق سوى دقائق معدودات ، وفى أقصى حد ، ساعة أو ساعتين .

اربط قطعة صغيرة من النحاس بسلك طرفاه عاريان . امسح سطحها ، كما فعلت سابقا أكثر من مرة ، بورق صنفرة ثم ضعها فى محلول ساخن من صودا الغسيل اغسلها بالماء وغطسها بعد ذلك فى محلول ضعيف من الخل وذلك لمنع أكسدتها قبل الأوان .

والآن حضر الالكتروليت بأخذ ملعقتين صغيرتين من كلوريد الأمونيوم فى كأس من الماء . اسحب القطعة النحاسية من محلول الخل بالملقط ودون أن تلمسها بيديك . اغسلها تحت ماء جار ،

وغطسها في محلول الالكتروليت . أوصل السلك بالقطب الموجب للبطارية ، وأوصل قطبها السالب بالكترود نحاسى عبارة عن صفيحة نحاسية ليس من الضرورى أن تنظف جيدا . وسرعان ما يتغطى الكاتود ، أى القطعة التى يراد طلاؤها بغشاء العتق ، بطبقة حمراء بالرغم من أننا كنا ننتظر اللون الأخضر .

ولكن أرجوك أن تتمهل قليلا ولا تسبق الحوادث . اسحب القطعة بعد عشر دقائق دون أن تلمسها بيديك وضعها بحيث ينساب الماء منها دون أن ينخدش سطحها . وأفضل وضع هو أن تعلق بسبك ، وستلاحظ بعد ساعة من الزمن أن الطبقة الحمراء تصبح خضراء اللون . فهذا الغشاء الأحمر الذى كان يغطى النحاس قد تحول الى غشاء أخضر شبيه بلون المالاشيت .

ويمكن تحقيق نجاح أكبر فى هذا المجال عندما يقوم محلول للنشادر تركيزه حوالى ٢٥٪ بدور الالكتروليت . ولكن يجب اجراء التجربة فى هذه الحالة تحت نافذة سحب الغازات أو فى الهواء الطلق لأن محلول النشادر المركز ذو رائحة واخزة وحادة . علق قطعة النحاس بحيث يبقى قسم منها فوق الالكتروليت . عندئذ يبقى القسم المغمور منها فى الالكتروليت أحمر اللون ويتغطى القسم الواقع فى الهواء خلال ساعة من الزمن بطبقة زرقاء مخضرة تشبه كثيرا غشاء العتق الطبيعى .

ولا تجوز هنا زيادة التيار بقصد اجراء التجربة بأسرع وقت ممكن : اذ أن طبقة كربونات النحاس القاعدية تزداد متانة كلما جرت العملية ببطء . ومع ذلك ، فالساعات لا تقاس بالسنوات ، ومتانة طبقتنا هذه أقل بكثير من متانة غشاء العتق الطبيعى (وان كانت لا تقل عنه جمالا) . وللمحافظة عليها تطلى بطلاء شفاف عديم اللون .

الزجاج والمينا

تغطى الميداليات وأدوات الزينة المختلفة والكثير من الأوانى المنزلية بالمينا وهى زجاج مطلى على المعدن . وسنحاول هنا الحصول على الزجاج ، ويحتاج ذلك الى فرن خاص ، مما يجعل صنعه فى البيت أمرا متعذرا ، أضف الى ذلك أن عملية الصنع هذه تتطلب توفر الخبرة الجيدة فى التعامل بالصهر الساخنة مما يستدعى اجراؤها تحت اشراف الاستاذ .

يصنع الزجاج فى المصانع والمخابر الكيميائية من مزيج جاف ومخلوط جيدا من مساحيق أملاح وأكاسيد ومركبات مختلفة . فعند تسخين هذا المزيج فى الفرن حتى درجة حرارة عالية تزيد فى كثير من الأحيان عن ١٥٠٠°م ، تتفكك الأملاح متحولة الى أكاسيد تتفاعل فيما بينها مكونة سليكات وبورات وفوسفات ومركبات أخرى تكون ثابتة فى درجات الحرارة المرتفعة . وهذه المركبات مجتمعة تشكل الزجاج .

وسنقوم الآن بتحضير ما يسمى بالزجاج سهل الانصهار . اذ يكفى لذلك الفرن الكهربائى الموجود فى المخبر والذى تصل درجة حرارة التسخين فيه الى ١٠٠٠° م . وسنحتاج هنا الى بواتق وملاقط وصفيحة مستوية صغيرة من الحديد أو الفولاذ . سنحصل على الزجاج أولا ثم سنبحث عن تطبيقات له .

اخلط بالملوق على ورقة ١٠ غم من رباعى بورات الصوديوم (البورق) و ٢٠ غم من أكسيد الرصاص و ١,٥ غم من أكسيد الكوبلت (يجب أن تنخل هذه المواد قبل خلطها) . وهذا هو المزيج الذى سنصنع منه الزجاج . انقل هذا المزيج الى بوتقة صغيرة واجمعه بالملوق بحيث يأخذ شكل مخروط تقع قمته فى

مركز البوتقة . ويجب أن يحتل المزيج المرصوص حجما لا يزيد عن ثلاثة أرباع البوتقة . وعندها لن ينسكب الزجاج المصهور الى خارج البوتقة . انقل البوتقة بالملقط الى داخل الفرن الكهربائى المسخن حتى الدرجة ٨٠٠ — ٩٠٠° م وانتظر حتى ينصهر المزيج كله ، ويمكنك الحكم على ذلك من الفقاعات التى تنطلق أثناء التسخين : فانقطاع انطلاق الفقاعات يعنى أن الزجاج أصبح جاهزا . اسحب البوتقة ، بالملقط طبعا ، من الفرن واسكب الزجاج المصهور فورا على صفيحة الحديد أو الفولاذ ذات السطح النظيف والمستوى . ويشكل الزجاج بعد أن يبرد طبقة شفافة لونها أزرق بنفسجى .

وللحصول على زجاج ذى ألوان أخرى يكفى ان يستبدل أكسيد الكوبلت بأكاسيد ملوّنة أخرى : فمثلا يلوّن أكسيد الحديد ثلاثى التكافؤ (١ — ١,٥ غم) الزجاج بلون بنى ويلونه أكسيد النحاس ثنائى التكافؤ (٠,٥ — ١ غم) بلون أخضر . ويكسبه المزيج المؤلف من ٠,٢ غم من أكسيد النحاس و ١٠ غم من أكسيد الكوبلت و ١ غم من أكسيد الحديد ثلاثى التكافؤ لونا أسود . واذا صنعنا المزيج من حمض البوريك وأكسيد الرصاص فقط حصلنا على زجاج شفاف وعديم اللون . جرب بنفسك أن تحصل على زجاج من أكاسيد أخرى كأكسيد الكروم أو المنجنيز أو النيكل أو القصدير .

اسحق الزجاج بالمدقة فى هاون من الخزف (ضع قفازات على يديك وغط الهاون بقطعة قماش نظيفة كى لا تتطاير الشظايا منه) . افرش مسحوق الزجاج الناعم الذى حصلت عليه على زجاج سميك وأضف اليه قليلا من الماء ثم افركه جيدا حتى

تحصل على مزيج لزج مستخدما لذلك قرصا من الزجاج أو الخزف مزودا بممسك أو قطعة من حجر الغرانيت أو الرخام المصقول جيدا . وهكذا كان الحرفيون فى الماضى يفركون الدهانات . وسنستعمل الكتلة الناتجة لطلاء سطح الألومنيوم ، وبالطريقة ذاتها تقريبا التى تتبع عند تحضير الحلى وأدوات الزينة .

نظف سطح الألومنيوم بورق صنفرة ثم انزع الدهن عنه بغليه فى محلول الصودا . ارسم عليه بالابرة أو المشرط (المبضع) شكلا ما . غط هذا السطح بالمزيج بواسطة فرشاة عادية وجففه على اللهب ، ثم سخنه على اللهب نفسه حتى ينصهر الزجاج على المعدن ، فتحصل بذلك على المينا . واذا كانت القطعة صغيرة فانه يمكن طلاؤها دفعة واحدة . أما اذا كانت كبيرة ، فيجب تقسيمها الى قطاعات تطلى الواحد تلو الآخر . ومن الممكن اعادة طلاء الزجاج كى يشتد لون المينا . ولا تقتصر هذه الطريقة على صنع أدوات الزينة ، وانما تستعمل للحصول على طلاء أمين من المينا يحمى قطع الألومنيوم فى مختلف الأجهزة . وبما أن المينا تتحمل فى هذه الحالة عبئا اضافيا ، لذا يفضل أن يطلى سطح المعدن بعد تنظيفه ونزع الدهن عنه بطبقة متينة من أكسيده . ويكفى لهذا الغرض أن يترك المعدن مدة تتراوح من خمس الى عشر دقائق فى فرن درجة حرارته أقل بقليل من ٦٠٠° م .

ويفضل ، عندما تكون القطعة كبيرة ، أن يطلى سطحها بالمرذاذ (أو الرشاشة) وليس بالفرشاة . وعندها تجفف فى خزانة

التجفيف فى الدرجة ٥٠ — ٦٠° م ، ثم تنقل الى فرن كهربائى تصل درجة الحرارة فيه الى ٧٠٠ — ٨٠٠° م .

ويمكن أن تصنع من الزجاج سهل الانصهار صفائح ملونة تستعمل فى أعمال الزخرفة . خذ قطعا من وعاء خزفى مكسور وغطيها بطبقة رقيقة من المزيج . جفف هذه القطع فى درجة حرارة الغرفة أو فى خزانة التجفيف ثم انقلها الى فرن كهربائى لا تقل درجة الحرارة فيه عن ٧٠٠° م وذلك لصهر الزجاج على الصفائح .

وبعد أن أتقنت هذا العمل يمكنك أن تساعد زملاءك فى حلقة البيولوجيا حيث يقومون فى بعض الأحيان بتحنيط الحيوانات ويحتاجون عندئذ الى عيون مختلفة الألوان ...

اصنع فى لوح من الفولاذ سمكه حوالى ١,٥ سم عدة تجاويف مختلفة الحجم وعلى أن يكون قعرها مخروطيا أو كرويا . اصهر بالطريقة السابقة عدة أنواع من الزجاج ذات ألوان مختلفة . وتتوفر لديك الآن مجموعة من الألوان يمكنك أن تتحكم بشدتها بزيادة أو خفض نسبة المادة الملوّنة فى المزيج .

ضع قطرة صغيرة من الزجاج المصهور فى التجويف ثم اسكب فيه زجاجا لونه كلون قزحية العين . أما قطرة الزجاج المصهور ، فتدخل ضمن الكتلة الزجاجية الأساسية دون أن تمتزج معها وتشكل حدقة العين . وهكذا نكون قد حضرنا نموذجا للعين . برّد «العيون» ببطء دون أن تسمح بحدوث انخفاض حاد فى درجة الحرارة . ولتحقيق ذلك تسحب «العيون» المتجمدة والتى لا تزال ساخنة بعد من القوالب بواسطة ملقط ساخن وتحاط

بقطع من الاسبستوس وتترك على هذا الوضع لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة :

وطبيعى أنه يمكن العثور على تطبيقات أخرى للزجاج سهل الانصهار ولكن أليس من الأفضل أن تفتش عنها بنفسك ؟

وفى ختام تجاربنا على الزجاج ، سنستعين بالفرن الكهربائى الآنف الذكر وسنحاول تحويل الزجاج العادى الى زجاج ملون . والسؤال الطبيعى الذى يطرح نفسه هنا هو : أ لا يمكن بهذه الطريقة صنع نظارات شمسية ؟ نعم ، يمكن ذلك ، ولكن لا اظن أنك ستنجح من أول مرة ، لأن العملية دقيقة وتتطلب خبرة كافية . ولهذا أنصحك بأن تحاول ذلك بعد أن تتمرن جيدا على قطع من الزجاج وتتأكد من أن النتيجة ايجابية فعلا .

وسنستعمل القلفونية كمادة لتلوين الزجاج وقد قمت سابقا بتحضير المجففات للدهانات الزيتية من الراتينات وأملاح الأحماض التى تدخل فى تركيب القلفونية . وسنستعين مرة أخرى بالراتينات لأنها تشكل على الزجاج طبقة رقيقة متساوية ، وتقوم بدور الحامل للمادة الملوّنة .

أذب بحذر فى محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه حوالى ٢٠٪ قطعا من القلفونية مع التحريك المستمر حتى يصبح لون السائل أصفر غامقا . وبعد الترشيح أضف قليلا من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ أو أى ملح آخر للحديد ثلاثى التكافؤ . وانتبه الى أن تركيز المحلول يجب أن يكون صغيرا ولا يجوز أن تؤخذ كمية زائدة من الملح لأن الراسب من هيدروكسد الحديد الذى يتكون فى هذه الحالة يعيق العملية حتما . أما اذا كان تركيز الملح صغيرا ، فيتكون راسب أحمر من راتينات الحديد ، وهى المادة التى نحتاجها .

رشح الراسب الأحمر وجففه فى الهواء ثم أذبه حتى الاشباع فى البنزين العضوى (وليس بنزين السيارات) ومن الأفضل طبعا أن يذاب فى الهكسان أو اثير البترول . ادهن سطح الزجاج بطبقة رقيقة من هذا المحلول مستخدما الفرشاة أو المرذاذ واتركه ليجف ثم ضعه لمدة تتراوح من خمس الى عشر دقائق فى فرن مسخن حتى الدرجة ٦٠٠° م تقريبا . ولكن القلفونية تنتمى الى المواد العضوية ولا تتحمل مثل هذه الدرجة العالية . والحقيقة أننا ننوى ذلك ونريد أن يحترق الجزء العضوى منها . وعندها تبقى على الزجاج طبقة رقيقة جدا من أكسيد الحديد تلتصق جيدا على سطحه . وبالرغم من أن هذا الأكسيد ليس شفافا بوجه عام ، الا أن هذه الطبقة الرقيقة جدا منه تسمح بمرور قسم من الأشعة الضوئية ، وهذا يعنى أنها تقوم بعمل المرشح الضوئى .

وقد تبدو لك الطبقة الواقية من الضوء اما عاتمة جدا أو فاتحة جدا . عندئذ يمكن التحكم بشروط التجربة : اذ يمكن رفع أو خفض تركيز محلول القلفونية وتغيير مدة الحرق ودرجة حرارته . واذا لم يعجبك لون الزجاج الناتج ، فبامكانك أن تستبدل كلوريد الحديد بكلوريد لفلز آخر لا بد أن يكون أكسيده ملونا بلون ساطع (ككلوريد النحاس أو كلوريد الكوبلت مثلا) .

وبعد أن تتقن هذه العملية على قطع من الزجاج يمكنك دون مجازفة أن تحول النظارات العادية الى نظارات شمسية . ولاتنس هنا أن تسحب الزجاج من الاطار لأن الاطار البلاستيكى ، كالجزء العضوى من القلفونية ، لا يتحمل التسخين فى الفرن :

صلصال من صنعك

لعل حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ هو المادة الوحيدة غير المتوفرة كثيرا واللازمة لصنع الصلصال . وأظن أنه يوجد فى مختبر المدرسة (وعلى كل حال ، فهو حمض واسع الانتشار ، ويدخل فى تركيب جميع الدهون تقريبا) . وسنحضر منه ملحا هو أوليات الزنك : خذ ٢٥ جزءا (بالكتلة) من حمض الاوليك المسخن وأضف اليها على دفعات صغيرة ٥ أجزاء من أبيض الزنك الجاف بحيث تضاف كل دفعة بعد زوال الرغوة الناجمة عن اضافة الدفعة السابقة . واذا لم تتمكن من الحصول على أبيض الزنك فبامكانك لأن تستعمل عوضا عنه الصابون العادى . وعندئذ تحصل على أوليات الكالسيوم ولكن نوعية الصلصال ستكون أسوأ منها فى الحالة الأولى . أضف ، مع التحريك المستمر ، الى الأوليات الناتجة ١٨ جزءا من مزيج من كميتين متساويتين من زيت وشمع . ولتحضير هذا المزيج يصهر الشمع ثم يضاف اليه مع التحريك المستمر زيت سائل ، كزيت الفازلين مثلا ، ونؤكد مرة أخرى الى ضرورة تحريك جميع المكونات تحريكا جيدا ، لأن نوعية الصلصال الجاهز تتوقف كثيرا على ذلك . ويفضل أن يستعمل هنا شمع طبيعى أو شمع النحل ، وفى أسوأ الحالات يمكن أن يستبدل الشمع بالاستيارين (ولا يجوز استعمال البارافين هنا أبدا) . وقد عرضنا سابقا كيف أن الاستيارين يحضر بسهولة من صابون الغسيل .

وبعد أن يصبح مزيج الأوليات والزيت والشمع (أو الاستيارين) جاهزا ، أضف اليه ٢٣ جزءا من مسحوق ناعم من الكبريت (يمكن شراؤه فى الصيدلية) و ١٥ جزءا من غضار ناعم جاف

منخل و ٤ أجزاء من صباغ معدنى ما ، مثلا أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، الذى تعرف كيفية تحضيره (لا تنس أن التحريك الشديد والمستمر أمر ضرورى هنا) . اخلط جيدا المزيج الناتج وابسطه على لوح من الخشب أو المعدن . ويكون الصلصال جاهزا عندئذ . والعيب الوحيد هنا هو أن أوليات الزنك ذات رائحة كريهة ، ولكن يمكن التغلب على ذلك باضافة عدة قطرات من عطر ما أو من الكولونيا أثناء خلط المواد الأصلية .

لنفضض المرآة !

هل هذا أمر ممكن ؟ فالمرايا تفضض فى معامل وورشات خاصة . وهذه حرفة قديمة العهد لها أسرارها وتقاليدها . وليس من السهل صنع مرآة جيدة . ومع ذلك ، فسنحاول .

وطبيعى أن تحضير سطح المرآة ليس صعبا . فتفاعل «المرآة الفضية» يجرى فى المدرسة أثناء درس الكيمياء . ولكن لن تحصل عندها على مرآة جيدة ، بل سيلمع السلح قليلا ، وينتهى الأمر . وهذا ليس هدفنا ، وانما نريد أن نصنع مرآة حقيقية . وسنحصل عليها حتما بشرط أن نعمل بدقة وننفذ جميع التعليمات .

وفيما يلى ملاحظة هامة : استعمل هنا ماء مقطرا فقط ، ونخل مسحوق أكسيد الحديد ثلاثى التكافؤ المحضر خصيصا لذلك خلال منخل ذى ثقوب ضيقة ثم امزج المسحوق الناعم بالماء المقطر . وفى حال عدم توفر أكسيد الحديد لديك يمكنك أن تشترى أى سائل تلميع آخر . ضع الزجاج المستوى

الذى تريد تفضيضه على الطاولة . تأكد من استواء سطح الطاولة ، واجعله أفقيا تماما . لا تأخذ قطعة كبيرة من الزجاج وانما ابدأ بقطعة صغيرة . ولكى لا يتحطم الزجاج صدفة حاول أن تغطى سطح الطاولة بقطعة قماش قديمة .

اسكب سائل التلميع على الزجاج ، وافركه بحركة دائرية بواسطة قطعة من اللباد أو الجلد الناعم . امسح الزجاج بشاش مبلل بمعلق من خفان ناعم فى الماء اغسله مرة أخرى بالماء المقطر وامسحه باسفنجة رطبة ثم بقطعة من الشاش مبللة بمحلول من كلوريد القصدير تركيزه ٠,١٥٪ اغسله مرة ثانية ثم امسحه بقطعة قماش جافة . وبهذا تنتهى عملية تهيئة الزجاج . وهى عملية هامة جدا تتوقف عليها جودة المرآة .

يجب تفضيض هذا السطح حالا . واذا لم تتمكن لسبب من الأسباب من تحضير محلول التفضيض ، فما عليك الا أن تغطس الزجاج فى ماء مقطر دافئ ولا يجوز سحبه منه الا بعد أن يكون كل شيء جاهزا . وبالمناسبة ، فان هذه العملية مفيدة فى كل الحالات : اذ من الأفضل أن تكون درجة حرارة الزجاج أعلى بثمان الى عشر درجات مئوية من درجة حرارة محلول التفضيض . يجب لبس القفازات أثناء تحضير هذا المحلول . وهو يحضر بمزج محلولين يحضر كل منهما على حده . وسنبين كميات المواد اللازمة لتحضير ليتر واحد من هذا المحلول ، ويبقى عليك أن تعين بنفسك حجم المحلول اللازم لك .

المحلول الأول : ٤ غم من نترات الفضة ، و ١٠ ملل من محلول النشادر ذى التركيز ٢٥٪ ، و ٤ غم من هيدروكسيد الصوديوم . وستتبع ترتيبا غير مألوفا فى تحضير المحلول : أذب

نترات الفضة كلها فى ٣٠٠ ملل من الماء واسكب تسعة أعشار المحلول فى كأس نظيف وأضف اليها نقطة فنقطة من محلول النشادر مع تحريك السائل باستمرار بقضيب زجاجى وسيصبح السائل العكر شفافا أكثر فأكثر الى أن يختفى اللون فى نهاية الأمر . أضف اليه قليلا من نترات الفضة فيصبح المحلول عكرا من جديد . أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم فيصبح لون المحلول عندئذ بنيا فاتحا . أضف مجددا نقطة فنقطة من محلول النشادر فيصفى المحلول عندئذ ويبدو الآن مزرقا قليلا . أضف ما تبقى من محلول نترات الفضة ثم اخلط المزيج جيدا وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى الليتر . ولا يجوز حفظ هذا المحلول فى اناء مفتوح ، بل ينبغى أن يحفظ فى زجاجة ذات سدادة .

المحلول الثانى : يلزم لتحضير ليتر واحد منه ما يلى : ١٠٠ غم من السكر و ١٠ ملل من حمض الكبريتيك أو النتريك المخفف (حوالى ١٠٪) . أذب السكر مسبقا فى ماء مقطر ثم أضف الحمض . اغل المحلول ربع ساعة ، ثم أكمل الحجم بالماء حتى الحجم المطلوب .

امزج المحلولين وذلك بأخذ ١٠٠ ملل من المحلول الأول (الحاوى على نترات الفضة) لكل مليلتر واحد من المحلول الثانى (الحاوى على السكر) . ويفضل أن تختار النسبة الدقيقة أثناء التجربة : فاذا أخذ فائض من المحلول السكرى ظهرت ندف وترسبات أثناء التفضيض . واذا كان هذا المحلول غير كاف ، جرى التفضيض ببطء شديد . اخلط المزيج الناتج جيدا وبسرعة فيصبح فى البداية أحمر برتقالى ثم يسود ، وهذه اشارة الى أن

الوقت قد حان للشروع فى عملية التفضيض . ولا يجوز التمهل عندئذ . اسكب المزيج فورا على الزجاج فينتشر على سطحه ، ويصبح الزجاج عاتما ولا يلبث أن يصفو بعد ذلك وتتكون عليه طبقة من فلز الفضة التى تختزل من النترات . وبعد خمس أو عشر دقائق اسحب المزيج من على سطح الزجاج بالنش مستخدما قطعة من الشاش أو من جلد الغزال مبللة بالماء المقطر . اسكب دفعة جديدة من المزيج على السطح وانتظر ربع ساعة أخرى . اغسل السطح المفضض بالماء المقطر . واذا ظهرت عليه بقع عاتمة وجب فركها بالخفاف ثم بمحلول كلوريد القصدير رباعى التكافؤ وبعد ذلك يسكب المزيج فى عليها وتغسل فى نهاية الأمر بالماء .

وللتأكد من أن الفضة قد ترسبت الى حد كاف على الزجاج ، يؤخذ مصباح كهربائى استطاعته ٦٠ فولطا ويوضع أمام المرآة ، فاذا بدا باهتا جدا من خلال الزجاج المفضض ، دل ذلك على صحة العملية .

وحتى الآن لم تلتصق الطبقة الفضية على الزجاج بشكل متين . ولتثبيتها جيدا ، تسخن المرآة وهى فى وضع عامودى لمدة ساعة أو ساعتين فى الدرجة ١٠٠ــ١٥٠°م ، ويتم ذلك اما فى خزانة التجفيف وعند الاقتضاء يمكن وضعها فى فرن المطبخ بشرط ألا يكون ساخنا جدا . وبعد أن تبرد المرآة تغطى الطبقة الفضية بطلاء شفاف مقاوم للماء . ويستعان لذلك بالمرذاذ ، ولا يجوز استعمال الفرشاة لأنها تخدش السطح . وبعد أن يجف الطلاء يدهن سطحه بطبقة سميكة من دهان غير شفاف أو طلاء بيتومينى أسود . ويراعى هنا أن تكون حركة الفرشاة أو

مسار التيار المنطلق من المرذاذ فى اتجاه واحد : اما من الأعلى الى الأسفل أو من اليسار الى اليمين .

الآن أصبحت المرآة جاهزة تقريبا . ولم يبق سوى أن تنظف الجانب غير المفضض منها ، فقد تسقط عليه بقع من الفضة يمكن ازالتها بقطعة من القطن مبللة بمحلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك واذا توسخت يدك من جراء ذلك ، فما عليك الا أن تمسحها بمحلول فاتر من الهيبوسولفيت (تحت الكبريتيت) ثم تغسلها جيدا بماء فاتر .

وهل استهلك كثير من الفضة على تحضير المرآة ؟ وما هى كمية الفضة فى هذه المرآة ؟ يبدو هذان السؤالان بسيطين ، ولكن الاجابة عنهما ليست بالأمر السهل . اذ أن طبقة الفضة على المرآة رقيقة جدا بحيث لا يمكن قياسها حتى بمقياس ميكروفى دقيق ...

ولكى لا تخرب مرآة جيدة ، خذ قطعة من مرآة مكسورة وانزع عنها طبقة الطلاء والدهان بقطعة من القطن مبللة بالأسيتون ثم ضع على السطح المفضض بلورة صغيرة من اليود ، فتتبخر بسرعة فى درجة حرارة الغرفة ، وتنساب أبخرتها الى السطح لأنها أثقل من الهواء . غط البلورة بكأس مقلوب كى لا يتحكم بها تيار الهواء .

يتكون يوديد الفضة أثناء تفاعل اليود مع الفضة وتنبسط ببطء حول البلورة بقعة شفافة : فاليوديد يكون شفافا فى طبقة رقيقة . ولا تزول طبقة الفضة عند طرف البقعة الشفافة ولكنها تنحف وترق . وفى النتيجة تظهر على المرآة حلقات ملونة تظهر جيدا فى الضوء المنعكس عنها . تبدو الحلقات ملونة كما تبدو فقاعات الصابون

ملونة فى الهواء وبقع الزيت ملونة الى سطح الماء . والسبب واحد فى هذه الحالات ، وهو ظاهرة تسمى بتداخل الضوء فى الطبقات الرقيقة وتدرس فى دروس الفيزياء وما يهمنا هنا هو ما يلى : يزداد سمك الطبقة الفضية كلما ازداد عدد الحلقات : فاذا كانت هناك حلقتان فقط بلغ سمك الطبقة حوالى ٠,٠٣ ميكرون ويبلغ السمك ٠,٠٦ ميكرون عند ظهور ثلاث حلقات و ٠,٠٩ ميكرون عند ظهور أربع حلقات و ٠,١٢ ميكرون عند تشكل خمس حلقات و ٠,١٥ عند تشكل ست حلقات و ٠,٢١ ميكرون عند تشكل سبع حلقات . وبمعرفة سمك الطبقة الفضية يسهل حساب كمية الفضة المستهلكة . اذ يكفى ان نضرب السمك بسطح المرآة ثم نضرب الحجم الناتج بكثافة الفضة (١٠,٥ غم/سم^3) .

واليك الدليل التالى الذى يعينك على التأكد من صحة حساباتك : تحتوى مرآة مساحتها حوالى المتر المربع الواحد على كمية من الفضة تزيد قليلا عن غرام واحد .

مهارة اليدين

ثمة أشياء ومواد كثيرة تحيط بنا وتبدو عادية جدا وليس فيها ما يستحق الاهتمام . ولكنها كثيرا ما تتصف بخواص غريبة . وما علينا الا أن نحاول اكتشافها وملاحظتها . فملعقة الألومنيوم ، تستطيع تقويم تيار متناب . وعود الثقاب يمكن أن يشعل مصباحا كهربائيا ، وقطعة السكر تقدح الشرارة ومسحوق البرمنجنات ينظف الطنجرة حتى اللمعان . ولكن تنفيذ ذلك يتطلب معرفة خواص هذه المواد واستغلالها جيدا . وبعبارة أخرى ، فلا بد من توفر المهارة والخبرة معا . وليس فى هذا الأمر أية خدعة أو احتيال كما كان يردد المشعوذون فى قديم الزمان .

والآن سنقوم باجراء ألعاب سحرية ، ولكنها ، خلافا لما تظنون ، ألعاب كيميائية جدية الغرض منها هو التسلية أحيانا ، أو ، وهذا ما يحدث فى أغلب الأحيان ، عرض بعض الظواهر الغريبة ، وتحضير بعض المواد غير الطبيعية .

الملعقة مقوم

تصلح لهذه التجربة أية ملعقة من الألومنيوم سواء أكانت كبيرة أم صغيرة . ويجب تنظيفها جيدا ونزع الدهن عنها ، وهذا ما تعرفونه جيدا من التجارب الخاصة بأنودة الألومنيوم . وستكون الملعقة أول قطعة فى مقوم التيار الجديد . أما القطعة

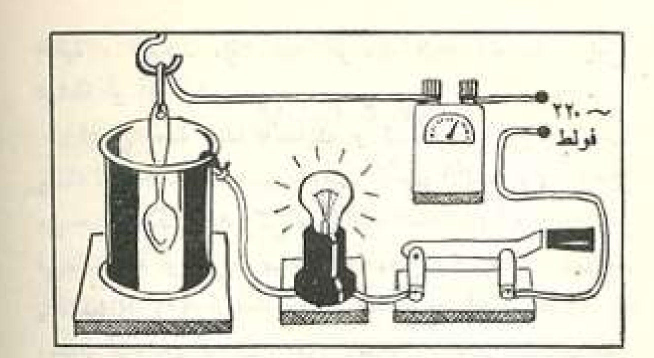
الثانية ، فستكون مؤقتا علبة كونسروة فارغة ارتفاعها كارتفاع الملعقة أو أقل بقليل .

اغسل العلبة جيدا بالصابون أو بمسحوق الغسيل . اشطفها بالماء ثم املأها بالمحلول المخصص لأنودة الألومنيوم : ٢٠ ملل من حمض الكبريتيك (كن حذرا أثناء التعامل به) لكل ١٠٠ ملل من الماء . ويمكن استبدال الحمض بكربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$ (١٠ غم) أو بصودا الخبيز فى أقصى الحالات ، وبشرط أن تذاب فى الماء حتى الاشباع . ويجب استعمال الماء المقطر هنا . كما ويصلح ماء المطر النقى لهذا الغرض أيضا .

وقبل أن تضع الملعقة فى العلبة ، عين تقريبيا الجزء الذى سيغمر منها فى المحلول وذلك لأن الألومنيوم يذوب بشدة ، على السطح الفاصل بين المحلول والهواء ، ويمكن أن تنقسم الملعقة فى هذا المكان الى قسمين . وللحيلولة دون ذلك ، تطلى الملعقة فى ذلك المكان بطلاء أو صمغ لا يتأثر بالماء .

والآن علق الملعقة فى العلبة بشرط ألا تلمس الجدران . أما كيفية تعليقها ، فبامكانك أن تعدها بنفسك . ضع العلبة على بلاطة من البورسلين ، أو على أية قطعة أخرى لا تنقل التيار الكهربائى . وهنا سنستعمل التيار الكهربائى المتناوب عوضا عن البطاريات أو المركمات . وعليه يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة : اذ يجب عزل النهايات العارية من الأسلاك عزلا جيدا ، ولا يجوز لمس الملعقة أو العلبة أثناء التجربة . والأفضل أن تغطى العلبة قبل وصل التيار بصندوق خشبى أو سطل البلاستيك .

والدارة الكهربائية بسيطة هنا وتشمل مصباحا استطاعته حوالى ٤٠ أو ٦٠ فولطا ومفتاحا كهربائيا والملعقة والعلبة وتربط جميعها



على التسلسل . ويمكن ادخال مقياس الأمبير متر فى الدارة فى حال وجوده . ويوصل التيار بعد اعداد الدارة والتأكد من سلامة العزل الكهربائى فيها .

يشتعل المصباح فى بادئ الأمر لأن المحلول الموجود فى العلبة ناقل للتيار الكهربائى . ولكن ضوءها يضعف بعد نصف ساعة ؛ ولا يلبث أن يختفى نهائيا . وعندها تكون الملعقة قد أصبحت مقوما للتيار يسمح بمروره فى اتجاه واحد فقط : من العلبة الى الملعقة . ويمكنك التأكد من ذلك بسهولة اذا كانت لديك مرسمة للتذبذبات اذ تظهر على شاشتها فى بداية التجربة موجة جيبية يزول فرعها السفلى فى النهاية : وهذا يعنى أن تيارا نابضا يسرى فى الدارة . وتساعدنا مرسمة التذبذبات على تعيين القطبين الموجب والسالب للمقوم (وهذا أمر هام جدا عندما تنوى استخدام هذا المقوم فى تجارب كيميائية كهربائية) . ويمكننا تعيين قطبية المقوم دون اللجوء الى مرسمة التذبذبات . اذ تكفى لذلك

قطعة من ورقة ترشيح مبللة بمحلول ملح الطعام مضافا اليه دليل الفنولفتالين .

اقفل التيار . واربط ورقة الترشيح بالملعقة والعلبة بواسطة ملاقط غسيل بلاستيكية . افتح التيار . ولاحظ بعد عدة دقائق أن ورقة الترشيح ستحمر عند أحد الطرفين (الملعقة أو العلبة) . ويكون هذا الطرف هو القطب السالب . ويفسر ذلك بأنه أثناء التحليل الكهربائى للماء (وملح الطعام ضرورى فيه لزيادة الناقلية الكهربائية فقط) ينطلق الهيدروجين على الالكترود السالب (الكاتود) وتبقى الايونات OH^- بكمية زائدة فى المحلول حيث تكسبه خواص قلوية وتجعل دليل الفنولفتالين يحمر عندئذ .

ويمكن الاستفادة من تجربة الورقة المبللة بالمحلول الملحى والفنولفتالين عندما تريد تعيين قطبى مركم أو بطارية . وبما أن جهد التيار صغير هنا ، فانه لا خطر من مسك الورقة باليدين ووصلها بقطبى المركم .

ولكن ، ما هو السبب الذى جعل ملعقة الألومنيوم تصبح مقوما ؟ بعد وصل التيار تتكون عليها ، كما فى حالة أنودة الألومنيوم ، طبقة من أكسيد الألومنيوم . وهذه الطبقة عبارة عن نصف ناقل (شبه موصل) ، أى أنها تسمح بمرور التيار فى اتجاه واحد فقط . وكثيرا ما يستفاد من هذه الخاصة فى الصناعة .

يمكن اجراء بعض التجارب الكيميائية الكهربائية الواردة فى هذا الكتاب بالاستعانة بمقوم من صنعك . ولكن شروط التجربة تقضى بأن يوصل المقوم بمحول خافض . ولا يجوز أن

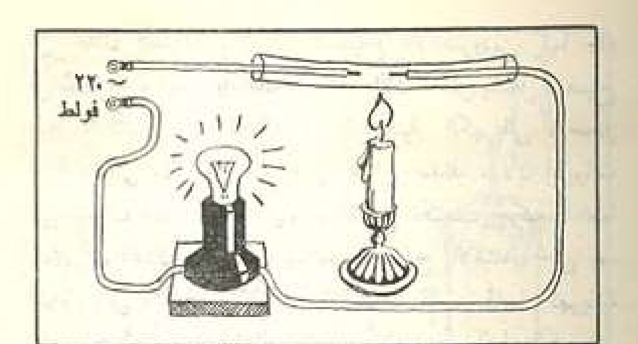
يزيد الجهد هنا عن ٤٠ فولطا ويمكن أن تبلغ شدة التيار المسحوب من ملعقة الألومنيوم عدة عشرات من الأمبير .

وهل من الضرورى أن تستعمل الملعقة وعلبة الكونسروة للحصول على المقوم ؟ طبعا لا . اذ يمكن أن نأخذ عوضا عن الملعقة الكترودا من الألومنيوم مهما كان شكله ، وأن تستبدل العلبة بالكترود من الرصاص أو الغرافيت ، ثم نغطسهما فى محلول الالكتروليت الموجود فى وعاء من الزجاج . والأكثر من ذلك ، فاننا ننصحك بفعل ذلك اذا قررت استخدام هذا المقوم لأغراض عملية . أما اذا كان الهدف هو العرض واظهار كيف أن أكسيد الألومنيوم يقوم التيار المتناوب ، فان الملعقة والعلبة تتركان انطباعا جيدا وأثرا أقوى .

المصباح الكهربائى يشتعل بعود ثقاب

يفضل استعمال مصباح الطاولة فى هذه التجربة . افصل أحد سلكيه من الفيشة وأوصله بسلك آخر طويل ، ولا تنس أن تعزل مكان الوصل جيدا . خذ انبوبا زجاجيا ضيقا رقيق الجدران . وأدخل من نهايتيه الكترودين ، هما سلكان قطر كل منهما حوالى ١ ملم ، وثبتهما فى الانبوب بشريط عازل . ويجب ألا يتلامسا ، وأن تفصل بينهما مسافة قدرها مليمتر واحد أو مليمترين .

اربط السلك الطويل الخارج من المصباح بأحد الالكترودين ، وأوصل الالكترود الثانى بالرأس الحر من الفيشة ، فتحصل على دارة مفصولة بين الالكترودين . ثبت الانبوب الزجاجى فى وضع أفقى ، فمن السهل تحقيق ذلك اذا كان السلكان قاسيين ومعزولين بعازل بلاستيكى : اذ يكفى أن تشد السلك جيدا حتى



يثبت الانبوب عليه . والآن انتهى الاعداد للتجربة ، وبامكانك أن تضع الفيشة فى المقبس (المأخذ) . وسترى أن المصباح لن يشتعل طبعا .

قرّب الى الانبوب فى المكان الفاصل بين الألكترودين عود ثقاب مشتعل . فاذا كان زجاج الانبوب سهل الانصهار فانه يتلين قليلا ويتقوس الانبوب قليلا . وعندها يشتعل المصباح بالرغم من أن الدارة لا تزال مفصولة كما فى السابق . ويعزى سبب ذلك الى أن الأملاح الداخلة فى تركيب الزجاج تتأين أثناء التسخين ويصبح الزجاج عندئذ ناقلا للكهرباء .

واذا لم تنجح التجربة لكون الانبوب عريضا ، فانه يمكن الاستعاضة عن عود الثقاب بشمعة أو مصباح كحولى . فاشعال المصباح الكهربائى بشمعة عملية مثيرة أيضا :

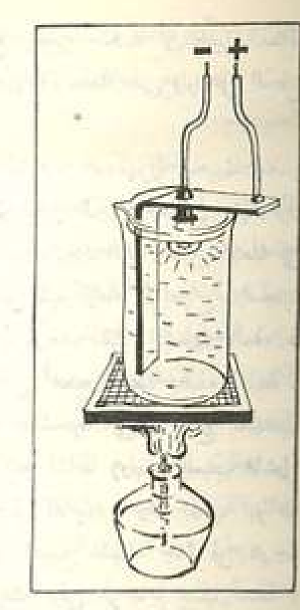
يمكن اشعال المصباح بواسطة نترات مصهورة أيضا : ثبت عموديا انبوب اختبار يوجد فى أسفله قليل من نترات البوتاسيوم أو نترات الصوديوم وأدخل فيه سلكين من النحاس . ولكى لا يتلامس هذان السلكان (الالكترودان) يجب أن يمررا

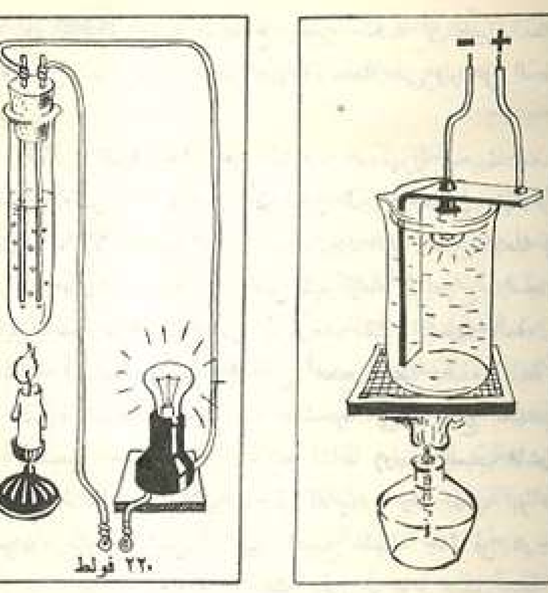
من خلال السدادة . اربط المصباح بالالكترودين كما جاء فى التجربة السابقة . واذا فتحت التيار الآن ، فلن يشتعل المصباح طبعا ، لأن النترات الصلبة لا تنقل التيار الكهربائى . سخن النترات حتى الانصهار فيشتعل المصباح عندئذ ، لأن الايونات التى تتألف منها الشبكة البلورية للملح تكتسب حركية ، مما يؤدى الى اغلاق الدارة . وسيستمر المصباح بالاشتعال حتى بعد التوقف عن التسخين لأن صهارة النترات ذات مقاومة كهربائية عالية بحيث أن الحرارة التى تنطلق أثناء مرور التيار الكهربائى تحافظ على بقاء النترات فى حالة منصهرة .

وبطريقة مماثلة ، يمكن اجراء التجربة ليس على صهارة الملح وانما على محلول لملح ما ، كملح الطعام مثلا . ويفضل فى هذه الحالة أن يكون الالكترودان من الغرافيت . ضع هذين الالكترودين فى علبة تحوى ماء عاديا أولا ، ثم أضف اليه الملح على دفعات صغيرة فيشتعل المصباح وتزداد شدة ضوئه مع اضافة الملح .

ويمكن بهذه الطريقة فحص الناقلية الكهربائية للمحاليل . وعليك الآن أن تتأكد من الناقلية الكهربائية عند محاليل مختلفة التركيز من الصودا والسكر وحمض الخل .

واليك تجربة أخرى غير عادية تستعمل فيها لمبة مصباح الجيب . ثبت هذه اللمبة فى لوح صفيح على شكل زاوية قائمة . ضع اللوح فى كأس صغير بحيث يقع زجاج اللمبة داخل الكأس ويكون متجها نحو قعره . اربط نهاية اللمبة الواقعة فوق اللوح بالقطب السالب للبطارية واربط اللوح نفسه بالقطب الموجب انتبه الى أنه لا يجوز لحم الأسلاك هنا لأن





منطقة اللحام قد تنصهر أثناء التجربة . ولهذا لا بد من اجراء الوصل آليا أو استعمال حدقة من مصباح جيب قديم .

اسحب اللمبة من الكأس قبل بدء التجربة . أضف نترات الصوديوم (لا تصلح نترات البوتاسيوم فى هذه الحالة وستعرف السبب فيما بعد) ضع الكأس على شبك من الأسبستوس أو على صفيحة معدنية وسخنه على لهب مصباح غازى أو كحولى . ومن غير الملائم استعمال الكحول الجاف للتسخين لأنه من الصعب عندئذ التحكم بدرجة حرارة الصهارة : فالنترات تنصهر فى الدرجة ٣٠٩° م وتتفكك فى الدرجة ٣٩٠° م ، وعليه يجب ابقاء درجة الحرارة ضمن هذا المجال . ويلجأ لتحقيق ذلك

اما الى التحكم بلهب المصباح وتغيير حجمه أو تغيير المسافة بينه وبين الكأس . لا تترك الصهارة تتجمد حتى ولو على السطح فقط .

غطس اللمبة بحذر فى النترات المصهورة بحيث ينغمر القسم الأكبر منها وبشرط أن يبقى الجزء العلوى منها فوق الصهارة ، والا قصرت الدارة الكهربائية . اترك اللمبة مشتعلة فى النترات حوالى ساعة واحدة ثم اقفل التيار واطفأ المصباح . اسحب اللمبة بحذر ، واتركها لتبرد ، وبعد ذلك اغسلها بالماء ، وستشاهد أن سطحها من الداخل أصبح مغطيا بطبقة لماعة .

ذكرنا آنفا أن الجسيمات المشحونة فى الزجاج تكتسب أثناء التسخين حركية وتصبح أكثر نشاطا (ولهذا بسبب اشتعل المصباح عندما سخنا الانبوب بعود ثقاب) . وهنا تلعب ايونات الصوديوم الدور الرئيسى ، فهى تصبح نشيطة جدا فى درجة أعلى من الدرجة ٣٠٠°م ، بينما يبقى الزجاج صلبا تماما .

وعندما غطّست اللمبة المشتعلة فى صهارة النترات أصبح زجاجها داخل مجال أو حقل كهربائى قطبه السالب هو سلك اللمبة ، وقطبه الموجب هو الصهارة الملامسة للوح الصفيح . وبدأت ايونات الصوديوم النشطة بالتحرك فى الزجاج نحو الكاثود ، أى فى اتجاه سلك اللمبة . وبعبارة أخرى ، فان هذه الايونات انتقلت الى جدار اللمبة الداخلى .

فهل هذا يعنى أن الطبقة اللماعة فى الداخل هى طبقة من الصوديوم ؟ أجل ، ولكن كيف تحولت الايونات الى فلز ؟

من المعلوم أن المعادن المتوهجة (بما فى ذلك المعادن التى يصنع منها سلك اللمبة) تطلق الالكترونات . ففى حالة اللمبة

تنطلق الالكترونات من السلك وتصطدم بالسطح الداخلى للزجاج حيث تتحد مع ايونات الصوديوم مما يؤدى الى تشكل فلز الصوديوم .

ولكن ، لماذا لا تصلح نترات البوتاسيوم فى هذه التجربة ؟ فالنترات يبدو وكأنها لا تشترك فى العملية . والواقع أنها تشترك . فعندما يصبح ايون الصوديوم ذرة محايدة يترك مكانه فى الزجاج فجوة ايونية مشحونة بشحنة سالبة . وعندها تصبح الحاجة ماسة الى نترات الصوديوم : اذ تقوم ايونات الصوديوم تحت تأثير المجال الكهربائى بالانتقال من صهارة النترات الى الزجاج حيث تملأ الفجوات فيه . وباعتبار أن ايونات البوتاسيوم أكبر بمرة ونصف من ايونات الصوديوم لذا فانها لا تستطيع الدخول الى الزجاج واملاء الفجوات فيه . ولهذا تتشقق اللمبة فى نترات البوتاسيوم .

ويطبق أحيانا هذا النوع غير العادى من التحليل الكهربائى خلال الزجاج للحصول على طبقة من الصوديوم النقى جدا ، أو النقى طيفيا ، بعبارة أدق .

العمر الطويل للبطارية

تصور أنك أعددت كل شىء لاجراء تجربة كيميائية كهربائية وجمعت كل ما يلزم للدارة الكهربائية ، واذا بالبطارية التى لديك قد فرغت وليس عندك بطارية احتياطية أخرى . والأسوأ من هذا هو أن تفرغ بطارية مصباح الجيب وأنت تتجول فى الغابة ليلا . ومن المؤسف جدا أن تتوقف بطاريات المذياع عن العمل وأنت تستمع الى أغنيتك المفضلة أو الى وقائع مباراة شيقة فى كرة القدم . ولكن ما العمل ؟

وفى غضون ذلك ، فان شيئا ما يمكن عمله فى هذه الحالة . فاذا لم تتوفر لديك بطارية احتياطية ، فلا تسرع فى رمى البطارية القديمة فى سلة المهملات ، وانما حاول أن «تحييها» من جديد .

تتألف معظم البطاريات الحديثة من جملة من الزنك والمنجنيز . وعند عمل هذه البطاريات يذوب القطب السالب فيها ، وهو من الزنك ، تدريجيا وببطء شديد ، ويختزل القطب الموجب ، وهو ثانى أكسيد المنجنيز MnO_2 ، متحولا الى هيدروكسيد المنجنيز ثلاثى التكافؤ (يمكن تمثيل صيغته كما يلى MnOOH) . وهذا الهيدروكسيد يغطى تدريجيا حبيبات الأكسيد وينفذ الى داخلها ، ويحول دون وصول الالكتروليت اليها . وهكذا تتوقف البطارية عن العمل بينما لم يستهلك فيها سوى نصف كمية أكسيد المنجنيز ، وتبقى فيها فى الوقت نفسه أربعة أخماس كمية الزنك . وبعبارة أخرى ، فاننا نضطر الى رمى بطارية وهى فى الواقع صالحة للعمل ولم تستنفد نهائيا بعد . واذا فصلت «قشرة» MnOOH أصبح بامكان الالكتروليت الوصول الى الحبيبات ، وعادت البطارية للعمل من جديد . ولكن كيف يمكن تحقيق ذلك؟ اليك أبسط طريقة : اذ فكفى أن تدق البطارية بحجر أو مطرقة حتى تتشقق الحبيبات داخلها وبستطيع الالكتروليت عندئذ أن ينفذ اليها . ومع أن هذه الطريقة بدائية الا أنها أفضل ما يمكن عمله عندما تكون فى الغابة أو خارج المنزل بوجه عام .

وعندما تتعطل البطارية فى البيت يمكن تنشيط ثانى أكسيد المنجنيز بصورة أشد وأقوى : خذ مسمارا وافتح به ثقبا فى حجرة الزنك فى البطارية . اغمر البطارية فى الماء . وبما أن الالكتروليت

فى البطارية لزج وليس سائل ، لذا فانه يتشبع بالماء ويتخفف ويسهل عليه عندئذ النفوذ الى داخل حبيبات ثانى أكسيد المنجنيز . وتسمح هذه الطريقة السهلة بزيادة مدة استهلاك البطارية بمقدار الثلث تقريبا . ومع ذلك يمكن جعلها أكثر بساطة أيضا .

وهنا لا داع أبدا الى سكب الماء فى البطارية . اذ يكفى أن نفتح ثقبا فى حجرة الزنك . ومن المعلوم أن أكسيد المنجنيز يخلط فى البطارية مع مسحوق الغرافيت لزيادة ناقليته الكهربائية . فما أن يدخل الهواء الى البطارية حتى يبدأ الغرافيت بامتصاص الأكسيجين . وعندها يتكون الى جانب ثانى أكسيد المنجنيز قطب موجب آخر ، يدعى الالكترود الهوائى ، ويختزل عليه الأكسيجين . وبعبارة أخرى ، فان مسمارا بسيطا يحول بطارية الزنك والمنجنيز الى بطارية من الزنك والهواء . ونشير بصراحة الى أن بطارية الزنك والهواء التى صنعتها بنفسك ستعطيك بعد هذه العملية تيارا ضعيفا ، ولكنها ستخدمك فترة طويلة جدا .

وأخيرا سنحاول أن نجعل البطارية القديمة تصبح وكأنها جديدة تماما . ولهذا الغرض لا بد من شحنها بتيار كهربائى كما هو الحال بالنسبة الى أى مركم آخر ، عندئذ يحدث تفاعل عكوس فى البطارية يتحول فيه MnOOH الى MnO_2 من جديد . ونشير هنا الى أنه لا يجوز شحن سوى البطاريات التى لم يجف المعجون فيها بعد ، والتى يكون هيكلها سليما . ولا يجوز استخدام تيار دائم عادى ، كما فى حالة شحن المركمات ، وذلك لأن الزنك عندئذ يترسب على هيكل البطارية على شكل خيوط متفرعة مما يؤدى الى حدوث دارة قصر تعطب بعدها البطارية . ويتم

شحن البطارية بما يسمى بتيار لا متماثل . وللحصول على تيار كهذا يجب تقويم التيار المتناوب جزئيا ، كأن يدخل ، مثلا ، فى الدارة مقوم ديودى ومقاومة موازية له (حوالى ٥٠ أوما) . ويجب أن يكون الجهد حوالى ١٢ فولط ، ولهذا لا يجوز استعمال التيار القادم من شبكة الكهرباء العامة مباشرة ، وانما يجب استعمال محول خافض .

ويمكن شحن بطاريات الزنك والمنغنيز حتى ثلاث مرات ، وعندها لا تنخفض سعاتها الا قليلا . أما البطاريات الصغيرة (بطاريات الزنك والزئبق) ، فيمكن شحنها عشر مرات . ولكن ثقبها بالمسمار أو دقها بحجر أو مطرقة أمر لا فائدة منه ، لأنه لا تبقى فيها تقريبا بعد التفريغ مواد فعالة ونشيطة .

التيار الكهربائى من مواد متوفرة لديك

يحتاج تجديد بطارية قديمة الى مهارة فعلا . والمهارة لا بد منها عندما تريد تحضير منبع للتيار بنفسك . فهذا المنبع يصلح لمختلف التجارب الكهربائية الكيميائية كأنودة الألومنيوم مثلا ، والطلاء بالنيكل وغيرها .

يوجد عدد كبير من المصادر الكيميائية للتيار . ولكن أبسطها صنعا هى خلية غرينى . فهى تحتاج الى صفيحتين الأولى من الزنك والثانية من الفحم وتدخلان بسهولة فى وعاء زجاجى . حضر لهذا الوعاء غطاء من بولى الاتيلين ، واثقبه بالمخرز فى مكانين ، أدخل فى الثقبين سلكين تعلق عليهما الصفيحتان بشرط ألا يتلامسا . أما الالكتروليت المستعمل فى هذه الخلية ، فهو محلول مائى يحوى حمض الكبريتيك بنسبة ٢٦٪ وبيكرومات





البوتاسيوم بنسبة ١٢٪ . ولا تنس عندما تريد تحضير هذا الالكتروليت أن تصب الحمض فى الماء ، وكن حذرا جدا .

اسكب الالكتروليت بحذر فى الوعاء الزجاجى ، بحيث يغطى ثلاثة أرباع الصفيحتين . غط الوعاء جيدا بالغطاء الآنف الذكر . ففى اللحظة التى يلمس فيها الالكترودان (الصفيحتان) الالكتروليت ينشأ جهد كهربائى واذا أغلقنا الدارة جرى فيها تيار كهربائى يمكن التأكد منه بسهولة بواسطة جهاز القياس الفلطية (فرق الجهد) يضم الى الدارة فيشير الى جهد يبلغ ٢ فولط تقريبا . ولكن شدة التيار ليست كبيرة أبدا ولن تكفى هذه الخلية حتى لاشعال لمبة مصباح الجيب . ولكن اذا حضرنا خليتين أو ثلاث خلايا من هذا النوع وربطناها مع بعضها على التسلسل (أى توصل صفيحة الزنك بصفيحة الفحم) لاحظنا أن اللمبة ستشتعل عندئذ . ونشير هنا الى أن تجربة الطلاء بالنيكل تحتاج الى خلية واحدة فقط .

وبالرغم من أن خلية غرينى تعمل بشكل مضمون ، الا أن لها عيبان على الأقل : الأول هو أن التعامل بالالكتروليت سائل

\+ −
ورق الومنيوم رقيق
بارافين
حلقة من الكرتون
خرطوم
معجون
محور من الغرافيت
كتلة فعالة
حلقة من الكرتون
بارافين

عملية مزعجة وخاصة عندما يحتوى على حمض الكبريتيك ، والثانى هو أنه لا تتوفر بين أيدينا دوما صفائح من الزنك والفحم . ولهذا ، فسنحاول صنع مصادر أخرى للتيار ، وان كانت أقل جودة من الخلايا السائلة الا أن موادها الأولية متوفرة دائما :

تلف السجائر والشاى فى علبها برقيقة أحد وجهيها «فضى» والآخر «ورقى» . وتباع فى المخازن رقيقة من النحاس.. اصنع من الرقيقتين (رقيقة علب السجائر ورقيقة النحاس) مربعات طول ضلعها حوالى ٥ سم . ضع هذه المربعات فوق بعضها البعض بالتناوب بحيث يقع النحاس على «الفضة» . ويجب أن تكون الطبقة السفلى «ورقية» والطبقة العليا نحاسية . وتحصل بهذا الشكل على بطارية من الخلايا . يزداد الجهد فيها كلما ازداد ارتفاعها ، أى كلما ازداد عدد الخلايا فيها .

اقطع أسلاكا من رقيقة النحاس وضعها فى أعلى الرزمة وأسفلها ولفها بشريط عازل ثم غطس البطارية فى الكتروليت عبارة عن محلول من ملح الطعام . وللتأكد من أن البطارية بدأت تعمل ، قرّب الى قطبيها ، كما فعلت سابقا ، لفافة من ورقة ترشيح مبللة

بمحلول الفنولفتالين ، فيحمر المحلول عند القطب السالب وقد يبلغ الجهد فى هذه البطارية عدة فولطات ، ولكن التيار فيها ضعيف مع الأسف .

والأبسط من ذلك كله أن نستخدم لصنع مصادر أخرى للتيار مواد أولية تأخذها من بطاريات قديمة . ولهذا الغرض افتح البطاريات واستخرج منها أكسيد المنجنيز والغرافيت والمعجون الجاف (الالكتروليت اللزج) ، ضع المعجون فى الماء ، اسحق أكسيد المنجنيز ، اخلط هذا المسحوق مع عدة نقاط من محلول الجيلاتين ، ادهن قضيب الغرافيت بهذا المزيج واترك فى أعلاه منطقة صغيرة دون دهان لربط السلك . وبعد أن يجف المزيج ، لف القضيب عدة مرات بورقة «فضية» بشرط أن تكون «الفضة» من الأعلى ثم اربطها . لف أحد السلكين جيدا على القضيب مباشرة (فى المنطقة الصغيرة التى تركتها دون دهان) ولف السلك الثانى حول الورقة «الفضية» وثبته عليها بورقة لاصقة . ويبقى أن تلف الخلية بشريط عازل حتى تصبح جاهزة للعمل .

ويمكننا الحصول على خلايا أفضل وأحدث اذا ما بللنا أكسيد المنجنيز والمعجون الجاف بمحلول كلوريد الأمونيوم (٢٤ غم لكل ١٠٠ ملل من الماء المقطر ويستحسن أن يضاف اليها غرام واحد من كلوريد الكالسيوم) . وعند تسخين هذا المحلول مع محلول النشاء تحصل على الالكتروليت بشكل معجون .

خذ سدادة من بولى الاتيلين واثقبها فى أسفلها ثم مرر سلكا خلال الثقب . ضع فى السدادة حلقة من الحديد المغطى بالزنك بحيث تلتصق جيدا بالسلك . اصنع من ورقة ترشيح حلقة يطابق قطرها القطر الداخلى للسدادة وبللها بالالكتروليت ثم ادهنها

بالمعجون وأدخلها داخل السدادة . ضع فوقها أكسيد المنجنيز الذى حصلت عليه من بطارية قديمة واضغطه بحلقة من الغرافيت (وهى السلك الثانى لتوصيل التيار) . ويمكنك أن تركب من هذه الخلايا بطارية تعطى جهدا يبلغ عدة فولطات . ويمكن استبدال السدادة البلاستيكية بسدادة من الحديد المطلى بالقصدير (كالسدادات المستخدمة فى زجاجات المياه الغازية) . ومن الواضح أنه لا حاجة هنا للزنك ، ولا داع لثقب السدادة لأنها ستقوم هى نفسها بنقل التيار . ولكن الخلية هنا تعطى جهدا صغيرا .

البلورات كبيرة وصغيرة

كتب الكثير عن تجارب استنبات البلورات وعن فعلها القوى وبساطة تنفيذها . وأظن أنك قد أجريت واحدة منها على الأقل وأصبحت على علم بمبدئها . والحقيقة أن الأمر بسيط هنا : اذ من الضرورى تحضير محلول مشبع ساخن لملح ما (ككلوريد الصوديوم أو كبريتات النحاس أو كبريتات الحديد أو بيكرومات البوتاسيوم أو غيرها) وتبريده بحذر بشرط ألا يترسب الفائض من المادة المذابة (يسمى مثل هذا المحلول بالمحلول مفرط التشبع) ، وأخيرا تضاف البذرة (وهى بلورة من الملح نفسه معلقة على خيط ويبدأ حولها التبلور) ولا يبقى بعد ذلك سوى أن يغطى الوعاء بورقة ، ويوضع فى مكان معزول ، والانتظار اسابيع ، أو ربما شهور ، حتى تنمو بلورة ضخمة . والشىء الوحيد الذى يجب عمله أحيانا هو اضافة قليل من المحلول المشبع لتعويض الكمية المتبخرة منه .

ان كل ما ذكر أعلاه معروف حقا ، وتختلف كثيرا الطرائق والوسائل المتبعة فى هذا المجال ، وسنختار واحدة منها ليست أكثرها انتشارا ، كطريقة نترات الرصاص ويوديد البوتاسيوم : امزج حجمين متساويين من محلولين لهذين الملحين تركيز كل منهما ١٠٪ ، فيتشكل عندئذ راسب من يوديد الرصاص . اسكب بهدوء السائل الموجود فوق هذا الراسب . اغل ماء فى وعاء ما شفاف ، وحمّضه قليلا بالخل ثم أضف اليه ، وهو يغلى ، راسب يوديد الرصاص الذى لا يزال رطبا ويجب تحريك وخض الراسب قبل ذلك . اترك السائل ليبرد ببطء ، وستنمو فيه بعد فترة بلورات ذهبية اللون .

واليك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة : ضع فى انبوب اختبار محلولا من نترات الرصاص وآخر من يوديد البوتاسيوم ، اغل محتويات الانبوب كى يذوب الراسب الموجود بينهما ، ثم برد الانبوب بسرعة بوضعه تحت ماء جار من الصنبور ، فتتكون فى هذه الحالة بلورات دقيقة معلقة فى السائل وذهبية اللون .

يتوقف حجم البلورات بوجه عام على سرعة التبريد: خذ ٢٠ غم من نترات البوتاسيوم وانقلها على دفعات صغيرة الى وعاء يحوى ٢٥ ملل من الماء . خض المزيج بعد كل دفعة كى يذوب الملح وبعدها أضف الدفعة التالية . وعندما يتوقف الملح عن الذوبان سخن الوعاء قليلا ثم أضف دفعة من الملح ، خض المحلول ثم سخنه مرة ثانية . كرر هذه العملية حتى تذوب كمية الملح المأخوذة كلها . والآن اسكب المحلول فى وعائين واترك أحدهما يبرد فى الهواء (ولجعله يبرد ببطء يمكن أن يغطى بعدة طبقات من قماش سميك) ، وبعد ذلك تتكون فى هذا

الوعاء عدة بلورات ضخمة ، وعند نجاح التجربة جيدا تتكون بلورة واحدة ضخمة . ضع الوعاء الثانى فورا فى طنجرة تحوى ماء باردا فيظهر فيه عدد كبير من البلورات الصغيرة . وهذه قاعدة عامة .

وفيما يلى تجربتان مثيرتان حقا بحيث يمكن عرضهما على الآخرين بعد الاعداد لهما جيدا . والتجربة الأولى تدعى تجربة بيليجو : خذ اسطوانة ارتفاعها يتراوح من ٢٥ الى ٣٠ سم واغسلها من الداخل بالماء الساخن . اسكب فيها محلولا مركزا جدا وساخنا من الهيبوسولفيت بحيث يملأ ثلث حجم الاسطوانة (يسكب هذا المحلول من خلال قمع صغير وبشرط أن ينساب على الجدار الداخلى للاسطوانة) . ويحضر هذا المحلول على النحو التالى : يذاب ٤٥٠ غم من الهيبوسولفيت أثناء التسخين فى ٤٥ ملل من الماء . سخن محلولا من أسيتات الصوديوم (٣٠٠ غم من أسيتات الصوديوم فى كل ٤٥ ملل من الماء) واسكبه من خلال القمع السابق نفسه فى الاسطوانة يشغل ثلث حجم الاسطوانة أيضا . ويجب أن يسكب هذا المحلول بعناية وحذر ، ولا يجوز أن يختلط مع المحلول السابق الموجود فى الاسطوانة وأخيرا يملأ الثلث الأخير من الاسطوانة (بحذر أيضا) بماء ساخن يحمى المحلول المشبع من التبلور قبل الأوان .

وهكذا تظهر فى الاسطوانة ثلاث طبقات هى : الماء ومحلول مفرط التشبع من أسيتات الصوديوم ومحلول مفرط التشبع من الهيبوسولفيت . غط الاسطوانة بلوح من الزجاج واتركها لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة ، وبعدها يمكن البدء بالتجربة .

ضع على طرف قضيب زجاجى قطعة من الشمع والصق عليها

بلورة صغيرة من الهيبوسولفيت (سخن الشمع بلطف فوق لهب المصباح حتى ينصهر قليلا) . غطس القضيب بسرعة فى الطبقة السفلى من الاسطوانة ، ولما كان تركيز الملح عاليا جدا ، لذا يتجمع فورا حول هذه البلورة عدد كبير من البلورات الجديدة وتشكل ما يشبه الزهرة . ولن تتبلور حول بلورة الهيبوسولفيت فى الطبقة المتوسطة أية مادة أخرى «غريبة» .

والآن خذ قضيبا مماثلا تماما توجد على طرفه قطعة من الشمع ولكن تلتصق عليها بلورة صغيرة من أسيتات الصوديوم (لا يجوز عند عرض التجربة أمام المشاهدين أن يظهر اختلاف بين البلورتين) . غطس القضيب فى الطبقة المتوسطة ، فتنمو هنا زهرة أيضا ، ولكنها تختلف تماما عن الزهرة الأولى . هذا ويمكن أن تستعمل الاسطوانة عدة مرات فيما اذا اجريت التجربة بعناية وحذر.

أما التجربة الثانية التى تشبه اللعبة السحرية ، فستجرى على أسيتات الصوديوم فقط . أذب ١٥٠ غم من هذا الملح فى ماء ساخن (وفى وعاء يفضل أن يكون مطليا بالمينا) ثم بخر المحلول ببطء محاولا أن تحدد اللحظة التى يجب عندها وقف التبخير : ولهذا الغرض انفخ من وقت لآخر على سطح المحلول الساخن ، وما أن تظهر عليه طبقة تشبه الطبقة الدهنية حتى يدل ذلك على أن تركيز الملح أصبح مساويا التركيز اللازم لتشكل البلورة المائية ذات التركيب $CH_3COONa \cdot 3H_2O$. اسكب السائل فى كأس نظيف ذى جدار رقيق . غط الكأس واتركه ليبرد ، ويكفى أن تضاف الى السائل بعد تبريده كمية ضئيلة جدا من أسيتات الصوديوم حتى يتبلور فورا ويتحول الى كتلة صلبة تشبه الجليد . واذا لم

تترك السائل على النار الفترة اللازمة وكان فيه كثير من الماء ، فانه يظهر بعد التبريد فوق الكتلة قليل من الماء الذى يجب فصله . واذا كانت كمية الماء غير كافية ظهرت على السطح طبقة رقيقة من الملح ، ولا فائدة من فصل هذه الطبقة ، والأبسط هو أن يضاف اليها قليل من الماء .

ويمكنك تكرار التجربة بصهر البلورة المائية فى حمام مائى ثم تبريدها على مرأى من الناس الذين سيدهشون حتما لذلك . فمن لا يندهش لرؤية الماء وهو يتجمد دون تبريد ؟ والأكثر من ذلك أن الكأس يسخن أثناء ذلك من جراء انطلاق حرارة التبلور . ويمكن قلب الكأس رأسا على عقب ، ولن تنسكب منه قطرة ماء واحدة .

ولدى عرضك للتجربة كلعبة سحرية حاول خلسة أن تنفض حبة الملح من طرق «قضيب سحرى» . ولا بد من تغطية الكأس جيدا فى الفترات الواقعة بين التجارب ، والا أدى سقوط حبة غبار فيه الى حدوث تبلور غير مرغوب فيه .

ويمكن الحصول على المادة اللازمة فى هذه التجربة ، وهى أسيتات الصوديوم ، من حمض الخليك والصودا . واذا أردت تحضيرها بنفسك وجب عليك أن تخفف حمض الخليك بالماء ثلاث مرات تقريبا ثم تضيف اليه الصودا تدريجيا على دفعات صغيرة ، ولا يجوز أن تضاف دفعة الصودا الا بعد توقف انطلاق الرغوة الناجمة عن اضافة الدفعة السابقة ، وفى حال عدم التقيد بذلك يكون التفاعل عنيفا جدا مما يجعل السائل ينسكب من الوعاء .

وفيما يلى سنحصل على بلورات غريبة من المعادن وسنبدأ ببلورات النحاس .

سبق لك وحصلت على بلورات صغيرة من النحاس عندما غطست مسمارا فى محلول من كبريتات النحاس . وقد كانت هذه البلورات صغيرة جدا بحيث أن طبقة النحاس على السطح كانت تبدو وكأنها متصلة تماما . ولتحضير بلورات كبيرة لا بد من ابطاء التفاعل بطريقة ما كى يتمكن النحاس المتكون فى التفاعل من الترسب على البلورات وجعلها تزداد نموا . والتبريد البطىء طريقة يمكن اللجوء اليها لهذا الغرض ولكن بشرط ألا يحدث تفاعل كيميائى ذلك .

يستعمل ملح الطعام لمنع حدوث التفاعل . ضع على قعر وعاء (زجاجة ذات فوهة واسعة) قليلا من بلورات كبريتات النحاس ورش عليها ملح الطعام الناعم . غطيها بحلقة من ورق نشاف أو ورق ترشيح بحيث تمس جدران الوعاء ، وضع على الورقة من الجهة العليا حلقة حديدية قطرها أصغر من قطر الورقة (يجب مسحها مسبقا بورق صنفرة ثم تنظيفها جيدا) . اسكب فى الوعاء محلولا مشبعا من ملح الطعام بحيث يغمر الحلقة الحديدية تماما ، ولا يبق عليك بعدها سوى الانتظار فترة تعتمد الى حد كبير على شروط التجربة ، وعلى كل حال ، فالفترة هذه ليست ساعة ولا ساعتين ، وانما لا تقل عن عدة أيام . وهكذا ستظهر بعد أيام فى الوعاء بلورات حمراء جميلة من النحاس . وبامكانك الحصول على بلورات من النحاس ذات أشكال مختلفة وغريبة أحيانا وذلك بتغيير الوعاء واستخدام بلورات ذات أبعاد مختلفة من كبريتات النحاس والتحكم بسمك طبقة ملح الطعام ودرجة الحرارة أيضا . وأحيانا تتكون بلورات غير مكتملة النمو وتشبه أغصان الأشجار .

واذا تركت بلورات النحاس فى الوعاء الذى حضرت فيه فانها لن ، تبقى فيه فترة طويلة . ولهذا يجب سحبها منه وغسلها بالماء ثم وضعها فى انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك المخفف وتغطية فوهته بالسدادة . والآن ستبقى البلورات سليمة ، ولن يطرأ أى شيء عليها بعد ذلك .

زخرفات بلورية

ثمة مواد تسمى بالمواد المتشاكلة لأنها تتبلور بشكل واحد بالرغم من اختلاف تركيبها . وبامكان بلورات المادة الواحدة منها أن تنمو فى محلول مشبع من مادة أخرى منها . ويظهر وكأننا نحصل على «بلورة فى بلورة» . واذا قطعت هذه البلورات ظهرت على سطح القطع زخرفات هندسية .

وأكثر المواد المتشاكلة انتشارا وتوفرا الشب بأنواعه المختلفة ، وهو عبارة عن بلورات مائية من كبريتات ثنائية صيغتها العامة $M^{I}M^{III}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. وسنستخدم ثلاثة أنواع منها هى : كبريتات الكروم والبوتاسيوم ذات اللون البنفسجى الغامق $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ وكبريتات الحديد والأمونيوم ذات اللون الأخضر $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. وكبريتات الألومنيوم والبوتاسيوم عديمة اللون $KAl(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$.

اسكب ماء فى وعاء مطلى بالمينا أو وعاء زجاجى . وضع فيه نوعا واحدا من الشب ، ثم سخن المزيج مع التحريك المستمر وبشرط ألا تسمح له بالغليان . وبعد أن يذوب الملح أضف دفعة جديدة من الشب نفسه ثم سخن المحلول من جديد . وعندما يصبح المحلول مشبعا رشحه بسرعة من خلال قطن موضوع

فى قمع زجاجى شطفت جدرانه لتوها بماء غال ، وذلك لأن التبلور قد يبدأ قبل الأوان اذا كانت جدران القمع باردة ، وتسد البلورات عندئذ فوهة القمع .

غط الوعاء الحاوى على الشب ، واتركه ليبرد ببطء . فتترسب على قعره بلورات صغيرة . واذا بدأت هذه البلورات بالنمو وجب تسخين المحلول بعد اضافة قليل من الماء اليه ثم تركه ليبرد من جديد ، اسحب البلورات من المحلول وجففها ثم ضعها فى انبوب اختبار وسده بسدادة بعد ذلك . حضر بالطريقة ذاتها بلورات من نوع آخر من الشب . احفظ المحاليل المشبعة فى زجاجات تلصق عليها بطاقات للتعرف على مضمونها .

خذ بلورة واحدة من كل نوع واربطها بخيط رفيع ثم غطسها فى محلولها واحفظ الزجاجات بعيدا عن تيار الهواء وغطها بغطاء من الورق . تنمو البلورات بشكل ملحوظ بعد مرور اسبوع تقريبا على تحضيرها ، وبدّل أماكنها . واذا علقت منذ البداية فى كل زجاجة بلورتين ازداد عندئذ تناوب الأزهار . وللتمييز بين البلورات تلصق بطاقات فى نهايات الخيوط ويسجل فى دفتر المختبر نوع المحلول وفترة وجود البلورات فيه . ولبلورة الشب شكل مجسم ثمانى فى السطوح . ولكننا هنا لسنا بحاجة الى هذه البلورة المثالية . وعلى العكس ، فكلما كان شكل البلورة غريبا كان الرسم على سطح المقطع أكثر متعة وجذبا للانظار . وفى الوقت نفسه يمكنك استنبات شعب بلورية اعتمادا على بلورات قادرة على التشعب . واذا بدأت هذه البلورات بالتشعب أثناء النمو ، فلا تحاول اصلاحها . والأكثر من ذلك ، أنه بامكانك التحكم بنمو السطوح (أو الأضلاع) : اذ يكفى أن

تدهن السطح بالفازلين حتى يتوقف نموه ، واذا غسلت الفازلين بالأسيتون يبدأ السطح بالنمو من جديد .

اقطع البلورة الجاهزة بخيط غليظ رطب ، ويجب أن يتم ذلك بكل عناية وصبر . اشحذ سطح القطع بورق صنفرة واجعله مستويا ثم اصقله بحكه على ورقة بيضاء . وتتكون زخرفات هندسية كثيرة تختلف تبعا لمستوى القص وعدد الطبقات فى البلورة وسمكها ، وتظهر عند الشعب البلورية أشكال وزخرفات أكبر . ويجب أن تطلى البلورة المقصوصة بلك عديم اللون والا اسودت وتفتتت .

ولكن الأسهل والأبسط من كل ذلك هو تحضير زخرفات بلورية من كلوريد الأمونيوم . صحيح أن هذه الزخرفات عديمة اللون ، ولكن شكلها يذكرنا .... دعونا ألا نستبق الحوادث :

أضف كلوريد الأمونيوم الى ماء ساخن ، حرك المحلول باستمرار وتابع الاضافة حتى تحصل على محلول مشبع . وخذ لوحا من الزجاج ونظف سطحه ثم انشر عليه بالفرشاة المحلول السابق اترك اللوح بعدئذ ليبرد ببطء فى الهواء . والأفضل أن يوضع فى الخزانة لتفادى سقوط الغبار عليه . وبعد عدة ساعات يتبخر الماء وتظهر زخرفة على سطح الزجاج . ولا حاجة أبدا لتفحص هذه الزخرفة مليا بغية معرفة شكلها : اذ يظهر بوضوح أنها تشبه الأشكال الجليدية الجميلة التى ترتسم على زجاج النوافذ فى أيام الشتاء القارصة .

ومن الأفضل ، طبعا ، أن تجرى هذه التجربة ليلة رأس السنة الميلادية . وتذكّرك بأن هذه الأشكال الجليدية الاصطناعية لا تتأثر بالحرارة ولكن عدوها اللدود هو الماء .

كنز على الصحن

البحث عن الكنوز عمل مرهق ، لا جدوى منه بوجه عام . ومع ذلك تدعوك لأن تجرب حظك فى هذا المضمار ، وسنضمن لك النجاح التام . وستبحث عن ذهب حقيقى ليس فى الكهوف ولا فى الغابات ، وانما على صحن عادى أو قطعة من صحن مكسور مزين باطار (كنار) ذهبى .

وقد يدهشك هذا الكلام ، ولكن الاطار الذهبى على الصحن محضر من الذهب فعلا ، وان كانت كميته ضئيلة فيه ، لأن طبقته رقيقة جدا . وللتأكد من ذلك انظر الى كأس زجاجى ذى اطار ذهبى وستلاحظ أن طبقة الذهب تبدو شفافة عليه . تطلى الأوانى الخزفية والزجاجية بمحلول الذهب . وسنبدأ تجربتنا بتحضير محلول يحتوى على الذهب .

اطلب من صاحب مخزن الأوانى المنزلية أن يعطيك قطعا من الأوانى المكسرة والمطلية بالذهب . ويكفيك حوالى ١٠ سم² من القشرة الذهبية . وعليك أن تحضر منها ٥ ملل تقريبا من الحمض $H[AuCl_4]$. ولهذا الغرض أذب الذهب فى مزيج من حمضى الهيدروكلوريك (٣ ملل) والنتريك (١ ملل) المركزين . يسمى هذا المزيج بالماء الملكى . وتذكرك بأن تكون حذرا جدا أثناء التعامل بالأحماض المركزة ، وأن تضع قفازات مطاطية على يديك ، وأن تجرى هذه التجربة فى مختبر المدرسة فقط .

وقبل الاذابة يجب أن تنظف القشرة الذهبية على القطع المكسورة تنظيفا جيدا وأن تزال عنها آثار الدهن بمسحها بقطنة مبللة بالأسيتون . نقط بالقطارة عدة نقاط من الماء الملكى على القشرة الذهبية لاذابتها ، واجمع المحلول الناتج بعناية فى انبوب

اختبار صغير مغسول مسبقا بالماء المقطر . ونشير الى أن جميع المحاليل اللازمة فى هذه التجربة يجب أن تحضر فى الماء المقطر وفى أوان نظيفة .

وللاستفادة من الذهب كله وعدم اضاعة أية كمية منه ، يجب غسل مكانه بعد الذوبان بقليل من الماء (يفضل استعمال القطارة لذلك) وجمعه فى الانبوب ذاته . أضف الماء حتى يصبح الحجم ٥ ملل ، فتحصل على المحلول المطلوب . وسنحضر الآن محلولا أرجوانيا جميلا جدا ، وهو عبارة عن محلول غروانى يحتوى على جسيمات وحبيبات دقيقة جدا من فلز الذهب ويتكون هذا المحلول عندما يضاف الى محلول $H[AuCl_4]$ المخفف جدا محلول كلوريد القصدير $SnCl_2$.

أذب ٠,٥ غم من كلوريد القصدير ثنائى التكافؤ فى ٥٠ ملل من الماء . نقط عدة نقاط من هذا المحلول الشفاف فى انبوب اختبار يحوى محلولا من $H[AuCl_4]$ لونه أصفر باهت ، فتلاحظ أن لون المزيج يصبح بنيا مصفرا فى البداية ثم يتحول بعد عدة دقائق الى لون أرجوانى رائع . وفى الوقت ذاته يختزل فلز الذهب ويتكون هيدروكسيد القصدير $Sn(OH)_4$ الذى يجعل المحلول الغروانى ثابتا . ويكون لون المحلول عادة أحمر شديدا الا أنه يتراوح من الأحمر الى البنفسجى وذلك تبعا لحجم الجسيمات العالقة فيه .

يمكن ترسيب الذهب الغروانى بواسطة محلول من ملح الطعام ، حيث تتجمع جسيمات الذهب حول بعضها وتترسب . وبعد غسل هذا الراسب وتجفيفه يمكن الحصول منه مجددا (بواسطة الماء الملكى) على محلول من $H[AuCl_4]$.

واذا توفر لديك مصباح هيدروجينى أمكنك اجراء تجربة مثيرة حقا ، وتسمى بتجربة دوناو . اذ يكفى أن يوجه لهب الهيدروجين على سطح محلول $H[AuCl_4]$ حتى يختزل الذهب وتظهر داخل السائل مناطق ملونة . ويمكن اجراء هذه التجربة بطريقة أخرى : ضع محلول الحمض الناتج من معالجة الذهب بالماء الملكى على قطعة نظيفة من الخزف واتركه ليجف ثم ضع القطعة فى لهب مصباح هيدروجينى فتتكون عليها طبقة لماعة من الذهب . ونحذرك بأنه لا يجوز استعمال المصباح الهيدروجينى الا فى حضور الاستاذ ، أو بعد أخذ السماح منه بذلك .

الخفى يصبح مرئيا

تتحدث الروايات البوليسية فى معرض وضعها لمغامرات جرت فى غابر الأزمان عن رسائل كانت تكتب بالحبر السرى وكيف أن هذه الكتابة كانت تنطلى على الأعداء ، حتى الخبثاء منهم ، ولم يكن يعرف سرها سوى الأبطال الشرفاء .

والحقيقة أن هذه الكتابة لم تعد سرا على أحد ، وأصبحت معروفة منذ وقت طويل . فبعض المواد عديمة اللون يتأثر بالحرارة مكونا مركبات ملونة . ونذكر من بينها عصير الليمون أو عصير البصل اليابس . اغمس الريشة فى أحدهما واكتب بها على ورقة بيضاء فلن يظهر أى شىء ، والآن قرب الورقة من سخانة كهربائية أو ضعها فوق لهب ، وعلى مسافة لا تسمح للورقة بأن تحترق ، فتظهر الكتابة بوضوح . هذا ويمكن اجراء التجربة ذاتها مع الحليب والخل المخفف .

وفيما يلى عدة تجارب مماثلة لا تستعمل فيها مواد طبيعية وانما مواد كيميائية : خذ على طرف سكين قليلا من كلوريد الأمونيوم وانقلها الى انبوب اختبار صغير ، أضف اليها ملعقة صغيرة من الماء ، اغمس الريشة فى هذا المحلول ، واكتب أو ارسم بها شيئا ما على الورقة ، واتركها لتجف . وبعد التسخين تصبح الكتابة أو الرسم واضحة بشكل جلى . وتظهر هذه التجربة أكثر اثارة مع محلول مخفف جدا من كلوريد الكوبلت $CoCl_2$. فبعد التجفيف تبدو الخطوط أمام خلفية بيضاء قليلة الوضوح لأن البلورات المائية $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (وهى التى تتكون بعد التجفيف) ذات لون وردى باهت . ولكن عندما تسخن الورقة ينفصل قسم من ماء التبلور ويكتسب الملح لونا أزرق ، واذا رطب الملح من جديد بالنفخ على الورقة أو بوضعها فوق البخار ، وهذا أفضل ، اختفى الرسم نظرا لتشكل البلورات المائية الحاوية على ستة جزيئات من الماء مرة ثانية .

وربما تعرفت سابقا على هذه التجربة وأساليب اجرائها ، وسنورد الآن أسلوبا منها أقل شهرة . فلن نقوم بتسخين الورقة المكتوبة أبدا ، وسنجرى تجربة تمهيدية تبين كيف يمكن نزع قسم من الماء دون تسخين .

اسكب فى انبوب اختبار قليلا من محلول مركز من كلوريد الكوبلت ذى اللون الوردى ، وأضف اليها كمية مماثلة من الأسيتون ثم اخلط المزيج ، فيصبح لون المحلول أزرق ! خفف المحلول بالماء فيتحول لونه الى وردى من جديد .

اذن ، فما الذى حدث ؟ الأسيتون يذيب الماء جيدا ويمكن أن يسحبه من المواد الأخرى . واذا كان الأمر كذلك ، فان

المكتوب على الورقة بمحلول كلوريد الكوبلت يمكن اظهاره بواسطة الأسيتون ودون اللجوء الى التسخين . وهذا ما سنقوم به فعلا : امسح الورقة المكتوبة بقطنة مبللة بالأسيتون وستكون النتيجة كما هى بعد التسخين .

واليك تجربة أخرى على الكتابة دون ريشة ودون حبر أيضا : ابسط ورقة مفضضة (كالورقة التى يلف بها الشوكولاة) وثبتها بدبابيس كباسة على لوح خشبى ، اربط أحد الدبابيس بالقطب السالب للبطارية وأوصل القطب الموجب بمسمار نظيف ، بلل ورقة بيضاء للكتابة بمحلول عديم اللون تقريبا من ملح الطعام ومضاف اليه الملح الدموى الأحمر $K_3[Fe(CN)_6]$ ، ضع ورقة الكتابة هذه فوق الورقة المفضضة والمسها بالمسمار فيظهر عليها أثر أزرق وتعليل ذلك أن الايونات Fe^{2+} تتفاعل أثناء التحليل الكهربائى مع الملح الدموى الأحمر وتشكل ملحا يسمى بأزرق تيرنبل $Fe_3[Fe(CN)_6]_2$ ، وينفذ هذا الملح الى الورقة ويثبت فى أليافها . واذا استعملنا ثيوسيانات البوتاسيوم KSCH أو ثيوسيانات الأمونيوم NH_4SCN عوضا عن الملح الدموى ظهر على الورقة أثر أحمر ، وليس أزرق ، نظرا لتشكل ثيوسيانات الحديد ذى اللون الأحمر .

ولا تجرى هذه التجارب على ورق الكتابة فحسب ، وانما يمكن اجراؤها بنجاح على قطع من القماش الأبيض النظيف .

ان كشف المخفى واظهاره نقطة هامة فى الكشف عن الجرائم . ويقال أن المجرم يترك دوما آثارا فى مكان الجريمة ، ولكنها لا تكون ظاهرة دوما . ويفتش رجال المباحث الجنائية ، قبل كل شىء ، عن بصمات الأصابع لأنها تختلف من شخص

الى آخر كما تختلف وجوه البشر . وطبيعي أن يطبق هؤلاء الرجال طرائق دقيقة جدا مستعينين بمواد ملائمة تسمح بكشف البصمات ولو كانت خفيفة جدا . أما نحن ، فسنستعمل طريقة غير دقيقة جدا ولكنها بسيطة وسهلة .

حضر مزيجا من كميتين متساويتين من الطلق (ميتاسليكات المغنسيوم الحمضية) وهباب الفحم (يباع الطلق فى الصيدليات ، أما هباب الفحم ، فيمكنك تحضيره كما جاء فى فصل الأصبغة) . ازفر على اصبعك كى يتبلل قليلا ثم ابصم على ورقة نظيفة ، فلن تلاحظ أى أثر لبصمتك ، ولكن اذا رش المزيج السابق على مكان البصمة وفرش عليه بفرشاة ناعمة (أو يكفى أن تهز الورقة قليلا) ثم رشت كمية زائدة منه ظهرت بصمة الأصبع بجلاء على الورقة . فقد بقيت على الورقة آثار دهنية مخفية امتزت عليها حبيبات المزيج الأسود .

يمكن اجراء هذه التجربة على أدوات وسطوح مختلفة ، كجريدة قديمة أو علبة كرتون أو كأس من البلاستيك أو الزجاج . ففى الحالة الأخيرة (أى كأس الزجاج) يفضل أن تكون كمية الطلق أكبر من كمية الهباب كى يكون الالتصاق أفضل . فبعد أن يزال الفائض من المزيج من على سطح الزجاج يجب تسخين الكأس تسخينا خفيفا ، فتظهر البصمات عندئذ على السطح الشفاف بجلاء ووضوح أكبر .

«ألعاب سحرية» بسيطة

يمكن عرض التجارب السابقة كألعاب سحرية : ويكون الانطباع أقوى والاثارة أشد عندما تعرض هذه الألعاب تباعا

مع احاطتها بالسرية والقيام ببعض الحركات «بالعصا السحرية» والتمتمة بتعويذات وكلمات غير مفهومة .

ولن نكشف عن المغزى الكيميائى لهذه الألعاب السحرية (فهو ليس معقدا كثيرا) ، بل عليك أن تبحث عنه بنفسك ، وعندئذ ستحصل على معلومات مفيدة لك وستقوم بتسلية الآخرين فى الوقت ذاته .

ولا داع هنا للتقيد تقيدا تاما بالنسب الكمية . ولتقدير كمية الكواشف وعدم اللجوء الى الوزن فى كل مرة حاول أن تصنع من الخشب ملاعق قياسية تستوعب كل منها حوالى عشر مليغرامات من الكاشف الجاف ، ويمكن الاستفادة من الملاعق البلاستيكية التى توضع مع بعض العقاقير الطبية ، وسنبين لك فى كل مرة عدد الملاعق الواجب أخذها .

وسنبدأ بتحويل الماء الى حليب . ضع فى كأس خمس ملاعق من كلوريد الكالسيوم وفى كأس آخر كمية مماثلة من كربونات الصوديوم (صودا الغسيل) ثم صب الماء حتى يشغل حوالى ثلث حجم الكأس ، ولن يختلف عندئذ مظهر المحلولين عن مظهر الماء ، والآن اسكب أحد المحلولين على الآخر فيصبح السائل أبيض كالحليب تماما . أضف فورا ، ودون اضاعة الوقت سدى ، (والا توضع الراسب فى القعر وسيرى الجميع أن ما حصلت عليه ليس حليبا أبدا) الى السائل فائضا من محلول حمض الهيدروكلوريك ، فيفور «الحليب» فورا ويتحول الى «ماء» من جديد .

والآن سنحول الماء الى حليب والى حبر أيضا . وسنحتاج الى ثلاثة كؤوس . ضع فى الكأس الأول ملعقتين من كلوريد

الباريوم (أو الاسترنسيوم) وفى الكأس الثانى ملعقة واحدة من الثانين ، اسكب فى كل كأس منهما نصف ملعقة صغيرة من الماء ، فيذوب المسحوق الواقع فى القعر بعد التحريك ، ويبدو الكأس من بعيد وكأنه فارغ . وضع فى الكأس الثالث خمس ملاعق من كبريتات الحديد والأمونيوم $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$ (ملح مور) ، واملأه بالماء حتى أعلاه تقريبا . فيصبح كل شيء جاهزا لاجراء التجربة : خذ هذا الكأس الحاوى على ملح مور ، واسكب منه على مرأى من المشاهدين قليلا من المحلول عديم اللون فى الكأسين السابقين «الفارغين» . فيتحول الماء فورا فى أحد الكأسين (حيث يوجد كلوريد الباريوم) الى «حليب» والى «حبر» فى الكأس الثانى .

و«اللعبة السحرية» التالية ليست أصعب من اللعبة السابقة : أذب فى انبوب اختبار يحتوى على الماء ملعقتين من كلوريد الكوبلت (استخدمت محلوله سابقا فى الكتابة السرية) . بلل منديلا أبيض من القطن بهذا المحلول واتركه ليجف بعد ذلك فيتلون بلون أزرق .

وتقوم هذه اللعبة على أنك تظهر المنديل الأزرق أمام المشاهدين ثم تكومه وتجمعه فى قبضة يدك ، واذا نفخت عليه عدة مرات وهو فى الحالة فانه يتبلل ويصبح أبيض اللون من جديد . ولا يبقى عليك الآن سوى أن تفتح يدك وتظهر للمشاهدين المنديل وقد تحول لونه الى لون أبيض . وبالمناسبة يمكن استخدام المنديل عدة مرات : فهو يعود ويزرق بعد تجفيفه .

و«اللعبة السحرية» التالية تحتاج الى ثلاثة أملاح هى : الملح الدموى وساليسيلات الصوديوم وملح مور . ولن نستهلك

من كل منها سوى القليل ، وبالتحديد ملعقة واحدة : أذب كل ملح منها على حدة فى انبوب اختبار مملوء حتى نصفه بالماء . ويتلخص مبدأ هذه اللعبة فى أن الملح الدموى الأحمر يعطى مع ملح مور لونا أزرق بينما يعطى مع ساليسيلات الصوديوم لونا أحمر . فاذا رسمت بقلم رصاص رسما ما على ورقة ثم مسحت سطحه (بفرشاة) ليتبلل بمحلولين هما محلول الملح الدموى الأخضر ومحلول ساليسيلات الصوديوم وتركته لينشف فلن يلاحظ المشاهدون أن الورقة قد مسحت بشيء ما . والآن علق الورقة «النظيفة» على الجدار ثم مرر على سطحها فرشاة مبللة بمحلول ملح مور (يمكن أن تقول للمشاهدين بأنه مجرد ماء عادى) فيتلون الرسم فورا باللونين الأحمر والأزرق .

واليك الآن «لعبة سحرية» تقليدية أخرى تقوم على اشعال شمعة دون استعمال شعلة أو لهب ما . وأظنك تعرف مبدأ هذه اللعبة ، ولكن الكثير يتوقف على كيفية اعدادها .

وننصحك أن تتصرف كما يلى : اطل انبوب اختبار زجاجى من الخارج بالاستيارين أو البارافين كى يظهر شبيها بالشمعة ، اغلق الانبوب بسدادة معدنية ذات ثقب يمر منه الفتيل (الذبالة) ؛ اسكب فى الانبوب قليلا من الكحول كى يتبلل الفتيل به ، وبعدها اطل السدادة بالاستيارين أو البارافين أيضا بحيث يبقى الفتيل وحده ظاهرا . وتصبح «الشمعة» جاهزة الآن .

وسيقوم بدور «العصا السحرية» هنا قضيب زجاجى عادى . اغمس نهاية القضيب فى مزيج من برمنجنات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك ، (يجب تحضير كمية قليلة جدا من هذا المزيج بحيث تكفى لاجراء تجربة واحدة فقط ، ولا يجوز لمس المزيج

باليدين أبدا) وحاول أن يعلق عليه قليل من المزيج .

ولا يبقى عليك الآن سوى أن تقوم بحركات سحرية وتتلفظ ببعض التعاويذ غير المفهومة ثم تقرب القضيب من الفتيل حتى يلمسه فيشتعل طرفه فورا .

تبدو «الألعاب السحرية» القائمة على تغير اللون أكثر اثارة عندما يستعاض فيها عن المحاليل المائية بمحاليل لزجة وغليظة القوام . ويستعان بسليكات الصوديوم لجعل المحلول لزجا وغليظا ويسمى محلولها المائى بالزجاج السائل ، كما ويصلح هنا الصمغ السليكاتى المخفف مرتين بالماء .

اسكب فى كأس زجاجى قليلا من محلول كلوريد الكالسيوم وأضف اليه نقطتين من الفنولفتالين ، اسكب فى كأس آخر محلولا من سليكات الصوديوم ، وما أن تصب المحلول الأول فى هذا الكأس وتخض المزيج قليلا حتى يصبح ، بالطبع ، أحمر اللون . والأطرف من ذلك أنه يصبح غليظ القوام كالهلام أو البالوظة (الجيليه) المصنوعة من الفواكه . وعوضا عن كلوريد الكالسيوم ، يمكن أخذ ثلاث ملاعق قياسية من كبريتات المغنسيوم (وهو ما يسمى بالملح المر ، ويباع فى الصيدلية) وغمرها بالماء ثم خضها واضافة عدة نقاط من محلول سليكات الصوديوم اليها . وبعد التحريك والخض تتكون هنا بالوضة لونها وردى باهت .

يمكنك «رسم» لوحات سحرية بواسطة الهلام السليكاتى الملون . ارسم على ورقة شكلا ما ، وامسح الأماكن التى يجب أن تكون ملونة فيه بمحلول الفينولفتالين عديم اللون ، بلل ورقة أخرى بمحلول سليكات الصوديوم (وهو عديم اللون أيضا) ،

اضغط الورقتين على بعضهما واتركهما على هذا الحال بضع دقائق ، (يمكنك استغلال هذا الوقت فى اجراء تجربة أخرى) ثم افصلهما بحذر عن بعضهما ، فتصبح اللوحة حمراء . والمطلعون على خفايا الكيمياء لا يندهشون من ذلك ، لأنهم يعلمون أن محاليل سليكات الصوديوم ذات تفاعل قلوى .

واليك أخيرا التجربة التى وعدناك بها ، وهى تحويل «الماء» الى «دم» . خذ وعاء من زجاج عاتم غير شفاف (ويمكنك أن تلصق ورقة ملونة على الجدار الخارجى لزجاجة عادية وأن تكتب عليها ، زيادة فى الاثارة ، بعض التعابير والرموز غير المفهومة لاضفاء طابع «السحر» على التجربة) ، واسكب فيه ماء .

حضر عدة كؤوس نظيفة . والواقع أنه تكفى ثلاثة كؤوس فقط . ولكن يمكنك أن تأخذ خمسة أو ستة كؤوس كى تحدث انطباعا عند المشاهدين بأن التحولات معقدة جدا . ضع فى أحد الكؤوس أربع ملاعق من كبريتات البوتاسيوم الحمضية أو نقط فيه عدة نقاط من حمض الخليك وضع اشارة على هذا الكأس (محاولا ألا يراك أحد من المشاهدين) كى تستطيع تمييزه فورا عن الكؤوس الأخرى ، ضع فى كأس ثان ملعقة من كربونات الصوديوم التجارية وفى كأس ثالث بضع نقاط من محلول الفنولفتالين . أضف قليلا من الماء الى الكأسين الأول والثانى وحرك المزيج كى تذوب المادة الصلبة فيهما ، والآن أصبح كل شىء جاهزا لعرض هذه اللعبة السحرية على المشاهدين ، املاء الكؤوس بالماء من الوعاء الزجاجى فلن يحدث شيئا ، اسكب محتويات الكأسين الثانى والثالث فى الوعاء ، فيصبح السائل

فيه ذا لون أحمر كالدم ، وسيتأكد المشاهدون من ذلك عندما تعيد هذا السائل الى الكأسين مرة أخرى .

والآن اسكب محتويات الكؤوس الثلاثة (بما فى ذلك الكأس الأول) فى الوعاء الزجاجى ، فيزول اللون ويتحول «الدم» الى «ماء» يمكنك أن تعيده الى الكؤوس . وهذه التجربة ليست معقدة ولكنها مثيرة حقا خاصة اذا ما رافقتها بعض التعاويذ والحركات السحرية .

ساعة كيميائية

لاحظت فى التجارب السابقة التى تشبه «الألعاب السحرية» كيف أن المحاليل عديمة اللون تلونت فورا بألوان مختلفة وكأن «عصا سحرية» قد أمرتها بذلك . والواقع أن التفاعلات الكيميائية تجرى بسرعة كبيرة وتبدأ ، بوجه عام ، بعد خلط المواد المتفاعلة مباشرة . ولكن ، هناك شذوذ عن هذه القاعدة ، فالمزيج المتفاعل يمكن أن يبقى عديم اللون فترة من الزمن وبعدها يتلون فورا . وقد تستمر هذه الفترة خمس أو عشر ثوان ؛ وبامكانك أن تنظم «ساعة كيميائية» لتعيين الوقت اللازم .

حضر محلولين تركيب الأول منهما كما يلى : ٣,٩ غم من يودات البوتاسيوم KIO_3 فى لتر من الماء وتركيب الثانى : ١ غم من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 و ٠,٩٤ غم من حمض الكبريتيك المركز (كن حذرا أثناء التعامل به) وعدة مليلترات من مطبوخ النشاء فى لتر من الماء ايضا . ويكون المحلولان عديما اللون وشفافين .

خذ ١٠٠ ملل من كلا المحلولين ثم اسكب بسرعة المحلول الثانى على المحلول الأول ، ويفضل أن تجرى هذه التجربة مع

زميلك ، وأن تكلفه بتعيين الزمن بواسطة عداد الثوانى أو ساعة ذات عقرب للثوانى حالما تقوم بسكب المحلول وبعد ست أو ثمان ثوان (يتعلق الزمن بدرجة الحرارة) يتلون المحلول فورا بلون أزرق غامق قريب من اللون الأسود .

والآن خذ من جديد ١٠٠ ملل من المحلول الثانى ثم خذ ٥٠ ملل من المحلول الأول وأضف اليها حجما مماثلا من الماء ، اسكب المحلول الثانى على الأول وستلاحظ من عداد الثوانى أن الفترة بين لحظة سكب المحلولين وظهور اللون قد ازدادت مرتين .

وأخيرا امزج ١٠٠ ملل من المحلول الثانى مع ٢٥ ملل من المحلول الأول بعد تخفيفها بالماء أربع مرات أى حتى يصبح حجمها ١٠٠ ملل أيضا وستلاحظ أن «الساعة الكيميائية» ستشير الى زمن أطول بأربع مرات من الزمن المسجل فى التجربة الأولى .

تبين هذه التجربة أحد القوانين الأساسية فى الكيمياء وهو قانون فعل الكتل ، وينص هذا القانون على أن سرعة التفاعل تتناسب مع تراكيز المواد المتفاعلة . ولكن السؤال المطروح هنا هو : لماذا تلونت المحاليل فورا بعد مرور فترة من الزمن ، ولم تتلون تدريجيا كما كان منتظرا ؟

يطرد حمض الكبريتيك ايون اليودات وايون الكبريتيت من أملاحها ، ويتكون عندئذ حمض يوديد الهيدروجين HI ولكن هذا الحمض لن يعمر طويلا وانما يتفاعل رأسا مع حامض اليوديك HIO_3 ويتكون من جراء ذلك اليود الحر . وهو الذى يعطى تفاعلا ملونا مع النشاء . ولو جرت الأمور على هذا المنوال لتلون المحلول تدريجيا مع تشكل اليود الحر ولكن ، هناك عملية أخرى

تجرى فى الوقت نفسه ، وهى أن حمض الكبريت H_2SO_3 يتفاعل مع اليود الحر ويتكون من جراء ذلك حمض يوديد الهيدروجين من جديد ويكون هذا التفاعل اسرع من التفاعل الأول . فما أن يحاول اليود تلوين النشاء حتى يختزل من جديد ويتحول الى IO_3^- .

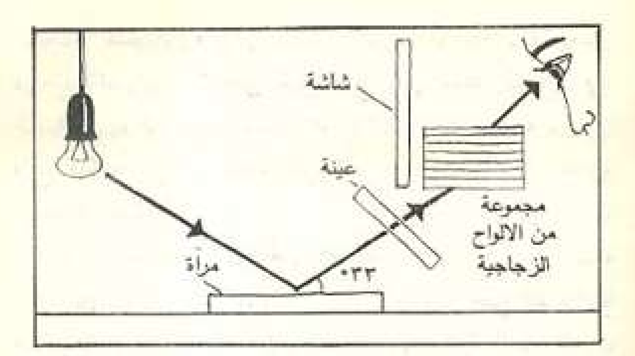
فهل يعنى ذلك أن اللون لن يظهر أبدا ؟ كلا . ولكن لاحظ أن حمض الكبريت يستهلك باستمرار أثناء التفاعل ، وعندما يتحول كله الى حمض الكبريت لن يبقى أمام اليود أى شىء يعيق تفاعله مع النشاء وعندئذ يتلون المحلول كله فورا . وبتخفيفك للمحلول مرتين ثم أربع مرات تكون قد خفضت تركيز يودات البوتاسيوم وجعلت سرعة التفاعل تنخفض مرتين ثم أربع مرات أيضا .

وأظن أننا صرفنا وقتا على تعليل التجربة أكبر من الوقت الذى استغرقته التجربة نفسها .

قوس قزح من دون شمس

كثيرا ما تطبق الطرائق البصرية فى الأبحاث الكيميائية فالظاهرة التى ستراقبها الآن تستخدم لتعيين درجة انصهار المواد .

حضر من زجاج رقيق حوالى ١٥ لوحا على شكل مربعات أبعادها ٥ × ٥ سم ، ضع عشرة منها فوق بعضها بحيث تشكل رزمة واحدة واربطها من طرفها بشريط عازل كى لا تنفصل عن بعضها البعض . ضع على سطح أحد الألواح المتبقية قليلا من ثيوكبريتات الصوديوم ثم سخنه بلطف كى تنصهر البلورات ، سخن لوحا آخر ثم ضعه فوق البلورات المصهورة فتتكون بين اللوحين طبقة رقيقة شفافة من الملح المصهور . واذا ظهرت هذه



الطبقة عاتمة أضف اليها نقطة أو نقطتين من الماء ، اترك الصهارة لتبرد فى الهواء ولاحظ من خلال عدسة مكبرة (وهذا أمر ممتع حقا) كيف أنها تبدأ بالتبلور تدريجيا .

افرش على الطاولة ورقة سوداء وضع فوقها لوحا زجاجيا رقيقا ونظيفا ، افتح المصباح الكهربائى واجلس وراء الطاولة بحيث تستطيع من خلال رزمة الألواح التى تمسكها بيدك رؤية المصباح على اللوح الرفيع الموضوع على الطاولة . غير وضع الرزمة بتقريبها أو ابعادها عن الطاولة واختر الوضع الذى تختفى عنده صورة المصباح على اللوح ، ويفضل أن ينظر الى الرزمة من خلال زاوية حادة . ويجب وضع حاجز بين الرزمة والمصباح كى يحجب الضوء الصادر عن المصباح مباشرة ، خذ بيدك الأخرى اللوحين الملتصقين ببلورات ثيوكبريتات الصوديوم وضعهما على مسار الضوء ثم اختر الوضع المناسب (بتدويرهما أو ميلهما) وستشاهد عندئذ قوس قزح جميل جدا .

ان تفسير هذه التجربة سينقلنا من عالم الظواهر الكيميائية الى عالم الظواهر الفيزيائية . وسنكتفى هنا بالحديث عن كيفية

استخدام هذه الرزم (وهى تسمى بالرزم الاستقطابية) لتعيين درجة الانصهار . لا يظهر قوس قزح الذى شاهد تموه الا فى البلورات . ولكن عندما تسخن المادة الصلبة تدريجيا فان قوس قزح هذا يختفى فى اللحظة التى تبدأ فيها هذه المادة بالتحول الى حالة سائلة .

محاليل مضيئة

يتحول قسم من الطاقة الى ضوء أثناء حدوث بعض التفاعلات الكيميائية ويسمى هذا التحول عندئذ بالضيائية الكيميائية . وأحيانا تحدث الضيائية الكيميائية فى الأجسام الحية وأكبر دليل على ذلك اليراعة (وهى حشرة تضىء فى الظلام) المعروفة للجميع . ومن ناحية أخرى يظهر ضياء ضعيف أثناء أكسدة بعض المركبات العضوية أيضا . وبامكانك أن تشاهده فى تجربة أكسدة الهيدروكينون. ومن الضرورى أن تجرى المرحلة الأخيرة من هذه التجربة فى الظلام حتى يظهر الضياء على نحو أفضل.

أذب ١ غم من الهيدروكينون و ٥ غم من كربونات البوتاسيوم فى ٤٠ ملل من الفورمالين (وهو محلول مائى للفورمالدهيد) ، اسكب المزيج فى حوجلة كبيرة أو زجاجة لا يقل حجمها عن اللتر.

حضر فى وعاء صغير ١٥ ملل من محلول مركز لفوق أكسيد الهيدروجين ، ويمكن أن تستعمل لهذا الغرض أيضا حبات الهيدروبيريت (وهى مركب من فوق أكسيد الهيدروجين والكرباميد الذى لا يعرقل وجوده سير التجربة) ؛ ضع الوعائين فى غرفة مظلمة وبحيث يكونان فى متناول يديك عند الحاجة . وبعد أن تتعود عيناك على الظلام أضف محلول فوق الأكسيد الى

الوعاء الكبير ، فيبدأ المزيج حالا بالفوران (ولهذا السبب طلبنا منك أن تأخذ وعاء كبيرا) ويظهر ضياء برتقالى واضح .

ان الطاقة الكيميائية التى تنطلق أثناء أكسدة الهيدروكينون بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين فى وسط قلوى تتحول كلها تقريبا الى طاقة ضوئية وليس الى طاقة حرارية كالمعتاد . ومع ذلك فالحرارة تنتشر أثناء التفاعل وتجعل الفورمالدهيد يتبخر قليلا . وباعتبار أن رائحته كريهة فلا يجوز الانحناء فوق الوعاء ويجب تهوية الغرفة فور الانتهاء من التجربة .

والضياء لا يظهر أثناء الأكسدة فحسب ، وانما يظهر أثناء التبلور أحيانا . وهذه ظاهرة معروفة منذ زمن بعيد وبامكانك أن تشاهدها الآن . وأبسط عينة هنا هى ملح الطعام . أذب كمية منه فى الماء بحيث تبقى على قعر الكأس بلورات غير منحلة ، اسكب المحلول المشبع الناتج فى كأس آخر وأضف اليه بواسطة الماصة نقطة فنقطة من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز . عندئذ يبدأ الملح بالتبلور وتنطلق شرارات صغيرة فى المحلول محدثة ضياء يمكن ملاحظته جيدا فى الظلام .

وتسلك بعض الأملاح الأخرى مثل كلوريد البوتاسيوم وكلورات الباريوم سلوكا مماثلا أثناء التبلور وفى جميع الحالات لا تظهر الشرارات الا عند اضافة حمض الهيدروكلوريك . ولعل أكثر التجارب الثارة فى هذا المجال هى التجربة التى يستعمل فيها من كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم : امزج ٢٠٠ غم من ملح كبريتات البوتاسيوم مع ٨٠ غم من كبريتات الصوديوم ثم أضف الى المزيج على دفعات صغيرة ماء حارا وبعد أن تذوب جميع البلورات اترك المحلول ليبرد فى غرفة عاتمة وستلاحظ أنه ستظهر

في أول الأمر شرارات ضعيفة جدا في الدرجة ٦٠°م ولا يلبث أن يزداد عددها تدريجيا واذا انتظرت حتى تترسب كمية كبيرة من البلورات شاهدت حزمة من الشرارات . وقد يستغرق انتظارك ساعة كاملة وعندما تقرب أذنك من جدار الوعاء تسمع قرقعة كالرعد ولعل سبب الضياء هنا يعود الى تشكل الملح الثنائي $2K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

احتفظ بالمحلول الحاوي على البلورات لأنه يمكن تكرار التجربة بعد انقطاع الضياء أيضا : حرك البلورات الواقعة تحت السائل بقضيب زجاجي أو هز الوعاء عدة مرات فتظهر الشرارات من جديد .

واليك تجربة أخرى يحدث فيها الضياء أثناء التبلور . وتتطلب تحضير برومات الباريوم $Ba(BrO_3)_2$ من مادتين أكثر توفرا هما برومات البوتاسيوم $KBrO_3$ وكلوريد الباريوم $BaCl_2$. ولما كانت ذوبانية المادة الأولى منهما ضعيفة لذا يجب أخذ محاليل مخففة يبلغ تركيزها ٣٪ تقريبا وعند تبريد المزيج المؤلف من محلول المادتين المذكورتين يترسب الملح المطلوب : ولا تذوب عمليا برومات الباريوم في الماء البارد . رشح المحلول ثم اغسل برومات الباريوم بالماء البارد وجففها ، خذ ٢ غم منها وأذبها في ٥٠ ملل من ماء غال ورشح المحلول من جديد ، اترك الكأس الحاوي على المحلول ليبرد ليس في درجة حرارة الغرفة ، وانما في درجة حرارة أعلى تبلغ ٤٠ – ٤٥°م (يفضل أن يوضع في خزانة تجفيف) وستظهر في المحلول عند هذه الدرجة شرارات زرقاء وستسمع قرقعة وكأن عاصفة قد حلت في كأس كيميائي ...

برّد محلول برومات الباريوم ، الذي حضرته في التجربة السابقة ، حتى درجة حرارة الغرفة فتترسب عندئذ بلورات بيضاء من الملح وعندما يصبح عددها كافيا اسحقها بقضيب زجاجي فيظهر وميض من الضوء أثناء السحق . (وقد لا يظهر من أول مرة لأن العملية تحتاج الى خبرة) . فما هو تعليل هذه الحادثة طالما وأن العمليات الكيميائية قد توقفت قبلها وانتهت عملية التبلور أيضا ؟

الواقع أن السبب مختلف هنا تماما ، والوميض ينشأ عن الاحتكاك ، اذ هناك مواد تتأثر كثيرا بالاحتكاك وتبدأ بالضياء في الظلام ليس فقط أثناء سحقها وانما لمجرد خضها أيضا . صحيح أن هذه المواد ليست متوفرة دوما ولكنها قد توجد في مختبر المدرسة ونذكر منها مادتين الأولى كبريتيد الزنك ZnS المضاف اليه ٠,٠٢٪ كبريتيد المنجنيز MnS والثانية كبريتيد الكادميوم CdS . ومن ناحية أخرى هناك بين المواد التي تصدر الضوء أثناء الاحتكاك مواد شائعة كثيرا ، كالسكر مثلا . ضع في هاون كبير من الخزف قليلا من السكر ، ادخل الى غرفة مظلمة وانتظر عدة دقائق حتى تتعود عيناك على الظلام ، خذ مدقة من الخزف وابدأ بسحق السكر ببطء أولا ثم بحركة أسرع فأسرع . وسرعان ما تظهر شرارات زرقاء تشكل حلقة مضيئة واذا كان السحق بطيئا ظهرت الشرارات تحت المدقة هنا وهناك .

ويمكن تبسيط هذه التجربة بحك قطعة من السكر على سطح خشن في الظلام وسترى عندئذ خطوطا مضيئة تختفي فورا بعد

ظهورها . ويعزى الضياء أثناء الاحتكاك الى شحنات كهربائية تنشأ أثناء تحطيم البلورات . ولهذا السبب يتوقف الضياء عندما تتفتت بلورات السكر نهائيا فى الهاون وتتحول الى مسحوق ناعم ، فمسحوق السكر الناعم لا يعطى ضوءا بالاحتكاك .

باقة رائعة

سنقوم الآن بتحضير زهور ذات ألوان خيالية . وسنعتمد على خاصة عند بعض الأصبغة الطبيعية وهى قدرتها على تغيير لونها من وسط الى آخر . ونذكر هنا أن هذه الخاصة هى التى ساعدتنا على الحصول على الأدلة من النباتات .

هناك قصيدة للكاتب الانكليزى رديارد كيبلينغ عنوانها «ورود زرقاء» ، وتتحدث عن شاب قدم لفتاة باقة من الورد الأحمر فرفضتها . وراح يطوف بحثا عن ورد أزرق فلم يعثر عليه فى أى مكان . فكما لا يوجد سوسن أصفر أو نرجس أحمر كذلك لا يوجد ورد أزرق . ومع ذلك ، فيمكننا رؤية هذا الورد بأم عينينا .

امزج فى كأس أو قارورة ٥٠ ملل من الاثير الطبى مع حجم مماثل من محلول النشادر المركز . وهذا هو الكاشف المخصص لتحضير باقة رائعة . وأرجو ألا تنس بأن أبخرة الاثير سهلة الالتهاب ، وعليه فلا يجوز أن يكون بالقرب من القارورة أى مصدر للنار . وبالاضافة لذلك ، فان لكل من المحلولين السابقين رائحة واخزة الأمر الذى يتطلب اجراء التجربة تحت نافذة سحب الغازات أو فى الهواء الطلق عند الضرورة .

ضع الزهرة التى تريد تغيير لونها فوق الوعاء الحاوى على

هذين السائلين ، فيتغير لونها بعد فترة من الزمن (تختلف هذه الفترة حسب نوع الزهرة ولهذا يجب تعيينها عمليا) . وتعليل ذلك أن السائلين المذكورين طياران . ولهذا تقوم أبخرة الاثير باستخلاص صباغ الزهرة من الخلايا النباتية ، أما أبخرة النشادر ، فتومن وسطا قلويا فى البتلات . ولهذا تغير الأصبغة لونها كما تفعل ذلك الأدلة المستعملة فى المخابر .

وبمعالجة عدة زهور مختلفة بهذه الطريقة يمكنك الحصول على باقات غريبة جدا . واذا أردت أن يندهش أصدقاؤك من هذه الزهور الغريبة فلا بد أن تحضرها قبل فترة قصيرة من عرضها عليهم لأن الزهور التى تعالج بمزيج من النشادر والاثير تذبل وتزوى بسرعة . وكان من المفروض أن يعود لون الزهور الى أصله فى وسط وبفعل أبخرة حمض ما . ولكن الأمر ليس كذلك مع الأسف : ففى الزهور تجرى عمليات لا عكوسة أيضا تعيق عودة اللون الى أصله فى أكثر الأحيان .

الباب السادس

الرؤية أفضل

تدرسون فى المدرسة النظريات الكيميائية وتقومون فى المخابر بالتأكد من صحتها . ولكن هل يمكن التأكد من صحة جميع المبادىء النظرية أثناء الدروس العملية ؟ لا أظن أن الوقت يكفى لذلك ، بالاضافة الى أن الكثير منها معقد جدا وليس من السهل أبدا اثبات صحته تجريبيا . ومع ذلك ، فبعض الظواهر ، وهو معقد فى طبيعته ، يمكن أن يلاحظ فى المخبر وحتى فى البيت ويمكن التعرف عليه تجريبيا وليس عن طريق كتاب الكيمياء فقط .

تتطور الكيمياء الحيوية بسرعة فى الوقت الحاضر وبامكانك الاطلاع على التحولات الكيميائية الحيوية . لقد سمعت حتما بالخلايا (البطاريات) الشمسية التى تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية . وأوكد لك أنك تستطيع بنفسك صنع مثل هذه البطاريات والحصول على تيار كهربائى منها . ويمكنك تحضير حرير اصطناعى وفصل مزيج من المواد فى عمود الكروماتوغرافيا وصنع مادة نصف ناقلة ثم التعرف على خواصها . وطبيعى أن يبقى الكثير من الظواهر والعمليات خارج نطاق امكاناتنا لأننا لن نستطيع الاحاطة بكل شىء . ولكننا نأمل بأن ما ستطلع عليه فى هذا الباب سيؤمن لك المادة اللازمة للتأمل والتفكير . فرؤية

التجارب والظواهر أمر هام جدا ولكن الأهم من ذلك هو تعليلها وتوضيح جوهرها .

تجارب على الأنزيمات ــ الأوكسيداز والبيروكسيداز

تجرى فى خلايا النباتات والحيوانات باستمرار عمليات كيميائية معقدة تنظمها وتتحكم بها مواد بروتينية تدعى الأنزيمات . ونذكر مرة أخرى بأن الأنزيمات تلعب دور الوسطاء (المواد الحفازة) فى التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى الخلايا . وتحتاج دراسة مثل هذه العمليات البيوكيميائية (الكيميائية الحيوية) الى أجهزة معقدة وتتطلب الكثير من الكواشف والمواد الكيميائية المختلفة ومن ناحية أخرى ، فان بعض الظواهر البيوكيميائية يمكن أن يشاهد ، كما يقال ، بالعين المجردة .

ولنبدأ بالأنزيمات المؤكسدة ــ الأوكسيداز والبيروكسيداز . فهى توجد فى الكثير من الأنسجة الحية لأن الأكسدة هى أساس عمليات التنفس ، ولكن تأثيرها مختلف : فالأوكسيدازات تؤكسد المواد العضوية بواسطة أكسيجين الهواء بينما تضطر البيروكسيدازات لتحقيق ذلك الى «اقتناص» الأكسيجين من البيروكسيدات (فوق الأكاسيد) . وطبيعى أن المواد تتأكسد ببطء دون مساعدة الأنزيمات ، ولكن الأنزيمات تسرع تفاعل الأكسدة هذه عدة آلاف من المرات . تتكون مواد ملونة أثناء أكسدة بعض المواد ، كالفنول والهيدروكينون مثلا ، ويعنى ظهور اللون أن الأنزيم قد قام بدوره . أما شدته (أى شدة اللون) ، فتعطى فكرة عن كمية نواتج الأكسدة . ويدل عدم ظهور اللون على أن الأنزيم خامل وغير نشيط . وقد يحدث ذلك عندما يكون الوسط حمضيا جدا

أو قلويا جدا أو عند عدم توفر مصادر للتزود بالأكسيجين أو في حال وجود مواد مضرة بالانزيمات تسمى بالمثبطات .

ولننتقل بعد هذه المقدمة القصيرة الى التجارب نفسها .

وسنحتاج الى المواد التالية : ساق (لب) الملفوف (الكرنب) وتفاحة وحبة بطاطس عليها براعم وبصلة نمت في الظلام ولها جذور والكواشف اللازمة هنا هي : ماء مغلي بارد ، ويفضل عليه الماء المقطر في حال وجوده ، والهيدروكينون وفوق أكسيد الهيدروجين الذي يباع في الصيدليات تحت اسم الماء الأكسيجيني ويجب أن تتوفر لديك مبشرة للخضار ومغطس مائي وأنابيب اختبار وماصات نظيفة وشاش أو قماش أبيض .

ولنبدأ بتجربة على عصير الملفوف (الكرنب) : خذ قطعة من ساق الملفوف وزنها حوالي ٢٠ غم وابشرها على المبشرة ، اعصر الناتج ضمن طبقتين من الشاش أو طبقة من القماش وأجمع العصير في كأس ثم خففه بالماء عشر مرات . ونلفت انتباهك الآن الى أنه عند اجراء التجارب على عينات نباتية أخرى لا يجوز تخفيف العصير أكثر من مرتين أو ثلاث مرات .

رقم ستة أنابيب اختبار جافة ونظيفة ، اسكب في كل من الأنابيب ذات الأرقام ١ و ٢ و ٣ و ٤ مليمترا واحدا من عصير الملفوف المخفف ، ضع الانبوبين ١ و ٢ في مغطس من الماء الغالي لمدة خمس دقائق وذلك لتخريب الانزيمات ثم اتركها لتبرد بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، اسكب في كل من الانبوبين ٥ و ٦ مليمترا واحدا من الماء ، أضف الى الأنابيب الستة كلها قليلا من الهيدروكينون وبعد ذلك نقط في الأنابيب ١ و ٣ و ٥ خمس نقاط من الماء وفي الأنبوب رقم ٦ خمس

نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ، ثم اخلط جيدا محتويات كل انبوب .

وبعد مرور خمس عشرة دقيقة تظهر نتائج التجربة وننصحك بأن ترتب هذه النتائج في جدول تدون فيه أرقام الأنابيب وتركيب المزيج في كل منها ، ثم سجل في العمود المقابل وأمام كل مزيج ما اذا تغير اللون أثناء التجربة . واذا تغير ، فيكف ؟ واكتب في العمود الثالث النتيجة وهل حدث تفاعل أكسدة أم لا ؟ وبعد أن تنتهي من اعداد الجدول حاول أن تحلل النتائج التي حصلت عليها وأن تجيب عن الأسئلة التالية :

هل يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أكسدة الهيدروكينون في غياب عصير الملفوف ؟

هل يتأكسد الهيدروكينون بفعل عصير الملفوف ودون اشتراك بيروكسيد الهيدروجين ؟

هل تحافظ الأنزيمات على نشاطها في العصير بعد غليه ؟

أي نوع من الأنزيمات المؤكسدة — الأوكسيدازات أم البيروكسيدازات — يوجد في عصير الملفوف ؟

ولكن من السابق لأوانه أن تستخلص نتائج نهائية من تجربة على نباتات من نوع واحد ولهذا لابد من اجراء تجارب أخرى على حبة البطاطس والتفاحة والبصلة . ونذكرك مرة أخرى بأن العصير المحضر منها كلها يجب أن يخفف مرتين أو ثلاث مرات لا أكثر .

وبعد الانتهاء من اجراء هذه التجارب يمكن تحديد المادة التي تكون فيها الأنزيمات المؤكسدة أنشط منها في المواد

الأخرى . وهل تعتقد بأن الأوكسيدازات والبيروكسيدازات يمكن أن تتواجد معا وفى آن واحد فى الأنسجة النباتية ؟

حاول أن تجيب بنفسك عن هذا السؤال ، ودون أن تلجأ الى الكتب ، ثم تأكد من صحة اجابتك :

النتيجة الأولى : يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أن يؤكسد الهيدروكينون تدريجيا فى غياب العصير : يظهر ببطء فى الانبوبين ٥ و ٦ لون وردى وهذا يعنى أن الأنزيم ليس ضروريا للتفاعل . فالأنزيمات ، كغيرها من الوسطاء «الحفازات» تسرع فقط التفاعل عدة مرات ، وقد لاحظت طبعا كيف أن اللون ظهر بسرعة فى الانبوب ٤ ، ومن ناحية أخرى ، فان البيروكسيدازات لا تستطيع تسريع تفاعل الهيدروكينون مع أكسيجين الهواء (لا يظهر لون فى الانبوب ٣ أو ربما يظهر ببطء شديد جدا) .

النتيجة الثانية : يمكن تخريب الأنزيم بمجرد غلى المحلول لفترة قصيرة . ففى الأنبوب ٢ لن يظهر اللون عمليا . والمعروف أن الأنزيمات مواد بروتينية تتخثر أثناء التسخين ولهذا تظهر فى الانبوبين ١ و ٢ خثارات بروتينية .

النتيجة الثالثة : لن يظهر لون فى الأنبوب ٣ وهذا يعنى أن عصير الملفوف يحتوى على البيروكسيدازات فقط التى لا تسرع أكسدة الهيدروكينون الا فى وجود بيروكسيد الهيدروجين . ومن ناحية أخرى ، فان اللون يظهر فى تجربتى حبة البطاطس والتفاح ، والأكثر من ذلك أنه يظهر بسرعة أثناء خض الانبوب ، أى عندما يغتنى المحلول باكسيجين الهواء . وهذا يعنى أن البطاطس والتفاح يحتويان على أوكسيدازات (وبالتحديد فنول أوكسيداز) تساعد على أكسدة الهيدروكينون بأكسيجين الهواء وهذا هو السبب

فى أن التفاحة وحبة البطاطس تسودان بعد قصلهما فى الهواء لاحتوائهما على مواد قريبة للهيدروكينون . والأكسيداز يفقد نشاطه أثناء التسخين أيضا . تذكر : هل تسود حبة البطاطس المسلوقة ؟

وأخيرا النتيجة الرابعة : تحتوى التفاحة وحبة البطاطس على أوكسيدازات أيضا لأنه عند اضافة البيروكسيد فى الانبوب ٤ يظهر اللون بسرعة أكبر . ولا تحتوى البصلة على الأوكسيداز ، فهى لا تسود فى الهواء حتى مع الهيدروكينون .

وبالمناسبة ، فهل انتبهت الى أن الأنزيمات المؤكسدة تكون أكثر نشاطا فى الأجزاء النامية أو المهيئة للنمو فى النباتات كالجذور المتفرعة عن البصلة والبراعم المنتشرة على حبة البطاطس ؟ فهنا تكون عملية التمثيل الغذائى أنشط منها فى الأجزاء الأخرى من النبات .

وهكذا نكون قد أوضحنا بأن الظروف ليست جميعها ملائمة لعمل الأنزيمات . فاذا كان التسخين الشديد يخرب الأنزيمات ، فهل يكون نشاطها أقوى فى درجة حرارة منخفضة ؟ وستتحقق من هذا أيضا . وتحتاج التجربة هنا الى أربع زجاجات سعة كل منها لترا تقريبا والى جليد أو ثلج (كيلوغرام واحد تقريبا) ، وسنجريها على لب الملفوف .

ابشر لب الملفوف على المبشرة ، اعصر الناتج ضمن شاش أو قماش ثم خفف العصير عشرين مرة بالماء ، رقم الأنابيب فى حال زوال الترقيم السابق ، ثم اسكب فى كل من الأنابيب رقم ١ و ٢ و ٣ و ٤ مليلترا واحدا من عصير الملفوف المخفف ، وأضف اليها على طرف سكين قليلا من الهيدروكينون ، اسكب فى كل من الانبوبين ٥ و ٦ مليلترا واحد من الماء بدلا من

العصير ، ثم أضف اليها الهيدروكينون وبعد ذلك ضع الأنابيب حسب الترتيب التالي : الأنبوب رقم ١ في زجاجة تحتوي على ثلج أو جليد والأنبوب رقم ٢ في زجاجة تحتوي على ماء فاتر (٤٠°م) والأنبوب رقم ٣ في زجاجة تحتوي على ماء ساخن (٦٠°م) واترك الأنبوب رقم ٤ على الطاولة في درجة حرارة الغرفة وضع الانبوب رقم ٥ في زجاجة تحتوي على ماء غال وأخيرا اترك الانبوب رقم ٦ في درجة حرارة الغرفة . وبعد مرور خمس دقائق على بدء التجربة نقط في كل أنبوب ، مبتدئا بالأنابيب الأكثر برودة ، خمس نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ؛ خض المزيج بحذر وعين زمن بدء التفاعل وبعد مرور خمس دقائق اسحب الأنابيب من الزجاجات وسجل نتائج التجربة في جدول كما في التجربة السابقة ، ثم حاول أن تناقش ما حصلت عليه وأن تضع النتائج بنفسك بعد أن تجيب عن الأسئلة التالية:

هل يتسرع تفاعل الأكسدة عند ارتفاع درجة الحرارة ودون أن يضاف الأنزيم ؟

هل يمكن القول بأن الانزيمات تعمل على نحو أفضل أثناء التبريد؟

ما هي درجة الحرارة الأكثر ملاءمة لعمل البيروكسيداز ؟

لماذا تبقى المواد الغذائية في الثلاجة (البراد) فترة أطول دون أن تتعرض للتلف ؟

ما هو الهدف من غلي الحليب ؟

لماذا تعتبر الحيوانات الثابتة الحرارة — الطيور والثدييات— أكثر الحيوانات على الأرض نموا وحيوية؟

هل أجبت عن هذه الاسئلة جميعها ؟ اذن ، فاليك تفسيرنا وتعليلنا :

لعلك لاحظت أن سرعة أكسدة الهيدروكينون ببيروكسيد الهيدروجين ليست واحدة عند درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة ، فهي أعلى بالطبع في درجة حرارة مرتفعة . وتسهل البيروكسيدازات تفاعل الهيدروكينون مع البيروكسيد ويجري هذا التفاعل في وجود الأنزيم حتى في درجة حرارة منخفضة ولكن كلما ارتفعت درجة الحرارة سهل عمل الانزيم على تنشيط المواد المتفاعلة . ولكن لا يجوز أن يغيب عن ذهننا أن البروتينات تتخثر في درجة حرارة مرتفعة مما يؤدي الى انخفاض سرعة التفاعل . وهناك تعبير يستعمل في هذا المجال وهو درجة الحرارة المثلى لفعل الأنزيمات . وتعرف هذه الدرجة بأنها الدرجة التي يكون عندها نشاط الأنزيمات أكبر ما يمكن . وهي تختلف من انزيم الى آخر . ولكنها تتراوح بين ٤٠ و ٥٠°م عند معظم الأنزيمات بما في ذلك البيروكسيدازات . تفسد المواد الغذائية بفعل الأنزيمات الموجودة فيها أو التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة . ولكن نشاط الأنزيمات ينخفض في الجو البارد ، وهذا ما يجعل المواد الغذائية تبقى فترة أطول دون فساد عند وضعها في الثلاجة .

ارتفعت الحيوانات الثابتة الحرارة الى أعلى درجات التطور . فهي قادرة على أن تجعل درجة حرارة الجسم مثالية وملائمة لنشاط الأنزيمات .

قمنا حتى الآن باجراء التجارب على الأنسجة النباتية وسنحاول دراسة الأنزيمات التى تشترك فى عمليات التنفس النسيجى عند الحيوانات وهى ، كما يشير العنوان ، تقوم بنزع الهيدروجين من المواد وستشاهدون كيف يتم ذلك بعد الاعداد للتجربة .

وهنا نحتاج الى المواد التالية : ٥ ملل من محلول مائى للفورمالدهيد تركيزه ٠,٥٪ (لتحضير هذا المحلول يؤخذ الفورمالين الذى يباع فى الصيدلية ويخفف بالماء عشر مرات) و ٥ ملل من محلول مائى لأزرق الميثيلين تركيزه ٠,٠٢٪ (يمكن استعمال محلول مخفف من الحبر الأزرق) و ٥ ملل من محلول مائى لحمض السكسنيك الذى يعدل بحذر بصودا الخبيز حتى يتوقف انطلاق الفقاعات و ١٠ ملل من زيت نباتى أو زيت الفازلين ونحتاج الى ميزان حرارة (ترمومتر) وحليب بقر طازج ولحم دجاج أو أرنب.

وسنرى فى البداية كيف يقوم الفورمالدهيد بأكسدة أنزيم الديهيدروجيناز الموجود فى حليب البقر الطازج . وهنا يلزمنا صباغ أزرق الميثيلين كى تظهر الحادثة بوضوح : اذ أن الأنزيم المذكور يسحب ذرة هيدروجين من الفورمالدهيد ويحولها الى الصباغ الذى يختزل بسهولة ويزول لونه وفى الوقت ذاته يتأكسد الفورمالدهيد متحولا الى حمض الفورميك ، أما الصباغ الذى زال لونه بعد الاختزال ، فيمكن أن يتأكسد بسهولة بواسطة أكسيجين الهواء ويصبح أزرق اللون بعد ذلك . وعليه يجب عزل المزيج المتفاعل عن الهواء بطبقة من الزيت .

رقّم ستة أنابيب اختبار ، اسكب فى الانبوبين ١ و ٢ خمسة مليلترات من حليب طازج غير مغلى واسكب فى الانبوب

٣ كمية مماثلة من حليب بارد مغلى ، سخن الماء فى المغطس المائى حتى الدرجة ٣٧°م ، أضف الى كل انبوب من الأنابيب الثلاثة السابقة ٠,٥ ملل (حوالى ٥٠ نقطة) من محلول الفورمالدهيد و ٥ نقاط من محلول أزرق الميثيلين ، فيصبح المزيج أزرق اللون . صب فى كل انبوب قليلا من الزيت كى تتكون طبقة رقيقة عازلة على سطح المزيج ، ضع الانبوبين ١ و ٣ فى مغطس مائى واترك الانبوب ٢ فى درجة حرارة الغرفة ، عيّن زمن بدء التفاعل وراقب تغير لون المحلول ولا تنس أن تدون النتائج فى الدفتر .

وسنطرح عليك ، كما فى السابق ، الاسئلة الموجهة التالية :

فى أية درجة حرارة يزول لون المحلول بسرعة أكبر ؟

هل يحافظ الأنزيم على نشاطه فى الحليب المغلى ؟

ماذا سيحدث عندما تنفخ الهواء خلال المحلول الذى زال لونه ؟

اجر تجربة أخرى على أنزيم الديهيدروجيناز قبل التأكد من صحة الاستنتاجات التى توصلت اليها وبعدها سنبحث نتائج التجربتين .

يوجد فى عضلات الحيوانات أنزيم خاص يدعى ديهيدروجيناز حمض السكسنيك ومهمة هذا الأنزيم هى حفز تفاعل تحول حمض السكسنيك الى حمض الفوماريك ونقل الهيدروجين المنزوع الى مادة ملائمة ، كأزرق الميثيلين مثلا . ويجرى هذا التفاعل بدون الأكسيجين ، وكما يقال ، فى ظروف لا هوائية .

اقطع لحم الدجاج أو الأرنب (حوالى ١٠ غم) قطعا صغيرة

وابرشها على صحن صغير ، اغسل الهريسة الناتجة عدة مرات بالماء وهى موضوعة على شاش وذلك لازالة المواد المذابة فيها ، أضف الى الناتج ماء يحوى ملح الطعام (حوالى نصف ملعقة صغيرة) ويبلغ حجمه ثلاث مرات حجم الهريسة ، وزع الهريسة المخففة فى الأنابيب ٤ و ٥ و ٦ بسكب ٥ ملل فى كل منها ، اغمر الانبوب ٤ لمدة خمس دقائق فى مغطس يحوى ماء غاليا ثم برده حتى درجة حرارة الغرفة ، اضف بعد ذلك فى كل من الانبوبين ٤ و ٥ نصف مليلتر (٠,٥ ملل) من محلول حمض السكسنيك و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميتيلين وأضف الى الانبوب ٦ نصف مليلتر من الماء و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميتيلين واسكب فى جميع الأنابيب قليلا من الزيت لعزل المزيج عن الهواء ، راقب تغير اللون وحاول الاجابة عن الأسئلة التالية :

هل يختزل الصباغ فى هريسة اللحم المغلية ؟

هل يحتاج هذا التفاعل الى حمض السكسنيك ؟

هل يتشابه سلوك الأنزيمات المأخوذة من الأنسجة فى درجة حرارة مرتفعة ؟

واليك الآن التفسير : تسرع الأنزيمات النازعة للهيدروجين (الديهيدروجينازات) والموجودة فى الحليب الطازج تفاعل أكسدة الفورمالدهيد (وهذا واضح من زوال لون أزرق الميتيلين) . ومن الممكن أن يعاد اللون الأزرق الى الصباغ المختزل بأكسدته بأكسيجين الهواء و «يعمل» ديهيدروجيناز الحليب ببطء فى درجة حرارة منخفضة ، وهو يخمد ويفقد نشاطه تماما بعد غلى الحليب . وهذا يعنى أن له درجة حرارة مثلى أيضا .

وفى التجارب المجراة على هريسة اللحم يفقد ديهيدروجيناز حمض السكسنيك ، كجميع الأنزيمات الأخرى ، نشاطه بعد الغلى . ومن ناحية أخرى ، فالتفاعل لن يجرى بدون حمض السكسنيك (وللتأكد من ذلك يجب أن تغسل الهريسة جيدا بالماء لازالة ما يوجد فيها من حمض السكسنيك) ، كما أن الأنزيم يؤكسد بسرعة حمض السكسنيك ويحوله الى حمض الفوماريك بنقل ذرات الهيدروجين الى الصباغ .

واليك تجربة أخرى حول فعل الأنزيمات على عينة أخرى هى الكائنات الحية الدقيقة . فحتى الآن تعاملنا مع الأنسجة الحية والنباتية ولكن الكائنات الحية الدقيقة أكثر منها تسلحا بالأنزيمات لأن ليس لها وسائل ، غير الوسائل الكيميائية الحيوية ، للدفاع عن نفسها وعن وجودها . وسنجرى تجربة على واحد منها ، وبالتحديد على الفطر المتمثل فى خميرة العجين ، فالديهيدروجيناز المعروف لدينا الآن يدخل بين العدد الكثير من الأنزيمات النشيطة التى تنتجها الخميرة .

افرك قطعة من الخميرة على صحن صغير مع ملعقتين صغيرتين من الماء الغالى ، ويفضل أن يكون الفرك بملعقة من الألومنيوم أو البلاستيك ، وعندما يصبح المزيج متجانسا انقله بماصة نظيفة الى انبوبى اختبار ثم غسلهما بالماء والصابون وتجفيفهما قبل ذلك وأضف الى الانبوبين بماصة أخرى قليلا من الزيت ، ضع الانبوب ١ لمدة خمس دقائق فى وعاء يحوى ماء غاليا ثم برده بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، أضف الى الانبوبين قليلا من السكر ثم خض المزيج كى يذوب السكر وانقل بماصة

ثالثة الى كلا الانبوبين ١٠ — ١٥ نقاط من محلول الصباغ وراقب بعد ذلك لون المحلول .

ويمكن تعقيد التجربة أكثر من ذلك بأخذ عدة أنابيب وتغيير درجة حرارة المحلول وأخذ كميات مختلفة من الخميرة والسكر . وستتركك تتوصل الى النتائج بنفسك ودون أسئلة موجهة . فالآن وبعد أن تجمعت لديك الخبرة الكافية يمكنك القيام بذلك على أكمل وجه .

تجارب على الأنزيمات — الأميلازات

تسرع الأنزيمات سير الكثير من التفاعلات الكيميائية ولكنها تقوم بذلك انتقائيا . فلكل منها «اختصاصه» الضيق . ويلاحظ أحيانا أن العملية الواحدة تتسرع بعدة أنزيمات ، وسنتأكد من ذلك الآن .

ولندرس الأنزيمات التى تخرب النشاء بضم «بقايا» من جزيئات الماء اليه وهى ما يسمى بالأنزيمات الهيدروليتية ومن بينها الأميلازات التى سبق وتحدثنا عنها فى قسم «تجارب على الهيدروكربونات» وبما أن مبدأ عمل هذه الأنزيمات معروف لديكم الآن لذا سنقوم مباشرة باجراء تجارب للمقارنة وسنرى كيف تؤثر أميلازات الانسان والحيوان على النشاء . وسنستعين ، كما فى السابق ، باللعاب كمصدر للأميلاز من الأنسان أما الاميلازات ذات المنشأ الحيوانى ، فنجدها فى عسل النحل .

حضر أولا خمسة محاليل — المحلول الأول : اجمع فى انبوب اختبار حوالى ٠,٥ ملل من اللعاب وخففها عشرين مرة بماء

مغلى بارد ، المحلول الثانى : محلول سائل من النشاء (يؤخذ ربع ملعقة صغيرة من النشاء فى كأس من الماء) ، المحلول الثالث : محلول من اليود مخفف بالماء عشرين مرة ، المحلول الرابع : تؤخذ نقطتان أو ثلاث نقاط من عسل النحل وتخفف عشر مرات بالماء ثم يخلط المحلول جيدا ، المحلول الخامس : يمزج نصف ملعقة من صودا الخبيز مع عشر ملاعق من الماء .

سنحتاج هنا الى تسعة أنابيب اختبار ، اسكب فى الأنابيب كلها حوالى ٥ ملل من محلول النشاء ، أضف بالماصة الى الأنابيب ١ و ٤ و ٧ خمس نقاط من الخل ، وأضف الى الأنابيب ٢ و ٥ و ٨ حجما مماثلا من محلول الصودا وأضف الى الأنابيب المتبقية ٥ نقاط من الماء النقى ، اخلط جيدا محتويات كل انبوب ثم انقل الى كل منها ١٠ نقاط من اللعاب المخفف . وبعد ١٠ دقائق أضف الى الأنابيب ١ و ٢ و ٣ نقطة أو نقطتين من محلول اليود وأخلط المزيج جيدا ، راقب تغير اللون وبعد مرور ١٥ دقيقة على الوقت السابق أضف حجما مماثلا من محلول اليود الى الأنابيب ٤ و ٥ و ٦ وبعد مرور عشر دقائق على ذلك أضف اليود بالكمية نفسها الى الأنابيب المتبقية . ولعلك تتذكر أن النشاء والديكسترينات تعطى لونا مختلفا مع اليود ويتغير هذا اللون أثناء تخريب النشاء من قبل الأميلاز . وهكذا يمكننا الحكم ليس فقط على تفكك النشاء وانما نستطيع تحديد الوسط (حمضى أم قلوى أم معتدل) الأكثر ملاءمة لهذه العملية .

تجرى تجربة مماثلة تماما على عسل النحل .

وقد تتغير فاعلية أو نشاط الأميلاز من عينة الى أخرى ، ولهذا يصار الى تطويل أو تقصير فترة الحلمأة ، فمثلا يحتوى لعاب المدخنين على كمية قليلة جدا من الأميلاز .

تحتاج التجربة التالية الى الشعير . اغمر حبات من الشعير فى الماء عدة ساعات ثم ضعها على صحن صغير واتركها اتنمو مدة ٤ ــ ٥ أيام مع رشها بالماء كل يوم ، اقطع الأجزاء النامية منها واغسلها بالماء ثم افركها جيدا بملعقة ، خفف الناتج بكمية من الماء المقطر تزيد مرتين عن كميته ثم اعصر المزيج من خلال قماش سميك فتحصل على عصير يحتوى على أنزيمين هما : الأميلاز ــ ألفا والأميلاز ــ بيتا ويمكننا بمعالجة أضافية تخريب أحدهما لمراقبة عمل الأنزيم الآخر : فالأميلاز ــ ألفا يمكن تخريبه بالتسخين ولهذا الغرض يضاف الى جزء من العصير ثلاثة أجزاء من الماء ثم يخلط المزيج ويسخن مع التحريك لمدة عشرين دقيقة على حمام مائى تبلغ درجة حرارته ٧٠°م . ويكون المحلول المبرد بعدئذ حاويا على الأميلاز ــ بيتا فقط .

والآن يجب تخريب الأميلاز ــ بيتا بالحمض للحصول على محلول يحوى الأميلاز ــ ألفا فقط ولهذا يبرد حوالى ٥ ملل من العصير فى الثلاجة أو داخل الثلج حتى الدرجة ٢ ــ ٣°م ثم تضاف اليه ملعقة صغيرة من الخل المبرد ويكمل الحجم فى انبوب الاختبار الحاوى على المزيج بماء بارد حتى أعلى الأنبوب تقريبا يخلط المزيج ويترك لمدة ١٥ ــ ٢٠ دقيقة ، ثم يعادل باضافة مسحوق من الطباشير اليه حتى ينقطع انطلاق الفقاعات ، يحرك المزيج مرة أخرى ثم يخفف بحجم مماثل من الماء ويترك

ليستقر . اسكب السائل الواقع فوق الراسب فى انبوب اختبار نظيف وبهذا ينتهى الاعداد للتجربة .

خذ عشرة أنابيب اختبار وأضف فى كل منها ١ ملل من محلول النشاء و ٩ ملل من الماء ، أضف فى الخمسة أنابيب الأولى بالماصة عشر نقاط من محلول الأميلاز ــ ألفا وفى الأنابيب الباقية كمية مماثلة من محلول الأميلاز ــ بيتا ، حرك جيدا محتويات كل أنبوب وبعد مرور ثلاث دقائق أضف الى الانبوبين ١ و ٦ نقطة واحدة من محلول اليود ثم حرك المزيج ، كرر العملية نفسها على الانبوبين ٢ و ٧ بعد خمس دقائق وعلى الانبوبين ٣ و ٨ خلال عشر دقائق وعلى الانبوبين ٤ و ٩ خلال عشرين دقيقة وعلى الانبوبين ٥ و ١٠ خلال ثلاثين دقيقة . وستلاحظ هنا أن اللون يتغير بسرعة فى وجود الأميلاز ــ ألفا : من أزرق الى بنفسجى ثم الى وردى وأخيرا يصبح اللون أصفر . وتتكون عندئذ الديكسترينات وهى عبارة عن بقايا من جزيئات النشاء . أما الأميلاز ــ بيتا ، فيتصرف بطريقة أخرى : فهو يبدو وكأنه «يقضم» قطعا من جزيئات النشاء ولهذا يبقى اللون مع اليود أزرق ، ولكن شدته تخف مع تفكك النشاء .

تظهر نتائج هذه التجربة بكل وضوح التباين فى خواص الأنزيمات جميعها وحتى المتشابهة منها أيضا . أما فى الأجسام الحية ، فتعمل الأنزيمات عادة مع بعضها بعضا ، وتكون التحولات الجارية عندئذ أعقد بكثير من تلك التحولات البسيطة نسبيا التى لاحظناها فى أنابيب الاختبار . ولكن معرفة الشيء البسيط هى خطوة أولى نحو التعرف على شيء أعقد .

الأميلاز ليس وحده

تأكدتم الآن بأن اللعاب مادة رائعة للاستعمال فى الدراسات البيوكيميائية وهى تتميز عن غالبية المواد الأخرى ذات المنشأ الحيوانى بأنها متوفرة دوما . والى جانب الأميلاز توجد فى اللعاب أنزيمات أخرى تساعد على هضم الطعام بتفكيكها للمواد الطبيعية المعقدة وتحويلها الى مواد أبسط . ولكن فصلها ومن دراستها أصعب بكثير من فصل الأميلاز ولهذا فاننا سنجرى تجاربنا البيوكيميائية الأخيرة على مواد من طبيعة أخرى .

تغرغر بالماء واجمع حوالى مليلتر واحد من اللعاب فى انبوب اختبار وخففها بثلاث مليلترات من الماء المقطر أو المغلى ، اسكب نصف الكمية الناتجة فى انبوب آخر ونقط حوالى عشر نقاط من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، أضف الى الراسب الأبيض المتكون محلول الخل فيذوب الراسب جزئيا . وهذا هو سلوك أملاح حمضى الهيدروضلوريك والفوسفوريك — الكلوريدات والفوسفات — عند تفاعلها مع نترات الفضة .

حمض قليلا القسم الثانى من محلول اللعاب بواسطة محلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك ثم أضف اليه عدة نقاط من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ ذى التركيز ٣٪ . فيظهر لون بنى أحمر يدل على أن المحلول يحتوى على الثيوسيانات وهى أملاح حمض ثيوسيانيد الهيدروجين ، وفى الوقت الذى تكون فيه كمية الأميلاز قليلة فى لعاب المدخنين تكون كمية الثيوسيانات ، على العكس ، أكبر من الكمية الطبيعية . ويمكنك التأكد من ذلك تجريبيا على لعاب أحد من اقربائك المدخنين .

تحتاج التجربة التالية الى حوالى ٥ ملل من اللعاب . ضع

هذه الكمية فى كأس وأضف اليها مع التحريك بقضيب زجاجى عدة نقاط من حمض الخل ، فتلتصق على القضيب كتلة بيضاء تشبه بياض البيض المسلوق وتدعى الموسين وهى مادة ترفع لزوجة اللعاب وتخثره وتساعد على تشكل اللعاب .

وسنحاول أن ندرس بأنفسنا تركيب الموسين : ضع قسما من المادة الناتجة فى أنبوب اختبار صغير ونقط عليها نقطتين أو ثلاث نقاط من حمض النتريك ثم انتظر حتى يصفر الموسين . والآن نقط نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول مركز لمادة قلوية (يمكن استعمال محلول النشادر) فيصبح اللون برتقاليا ويعتبر هذا التفاعل من التفاعلات المميزة للبروتينات . ويمكن أن يجرى بدلا منه تفاعل بيوريت الذى جاء ذكره فى قسم «تجارب على البروتينات» وسنحصل سواء فى الحالة الأولى أو الثانية على نتيجة واحدة تؤكد الطبيعة البروتينية للموسين .

ولكن الأمر لم ينته عند هذا الحد ، بل عليك أن تأخذ الموسين المتبقى وتجرى عليه اختبار للكشف عن الكربوهيدرات ولهذا الغرض يمكنك الاستعانة بتفاعل موليش اللونى (ورد ذكره فى باب «تجارب على الكربوهيدرات») أو شكله المبسط فى حال توفر قليل من L — النافتول لديك : أضف الى محلول الموسين فى حمض الهيدروكلوريك الضعيف (تركيزه حوالى ١٪) ثلاث أو أربع نقاط من محلول النافتول فى الكحول (تركيزه ٠،١٪) وبعد التحريك نقط بحذر شديد على السطح حمض الكبريتيك المركز ، فتظهر حلقة بنفسجية تدل على أن المادة المأخوذة للتحليل هى كربوهيدرات .

اذن ، فالموسين هو بروتين وكربوهيدرات فى الوقت نفسه .

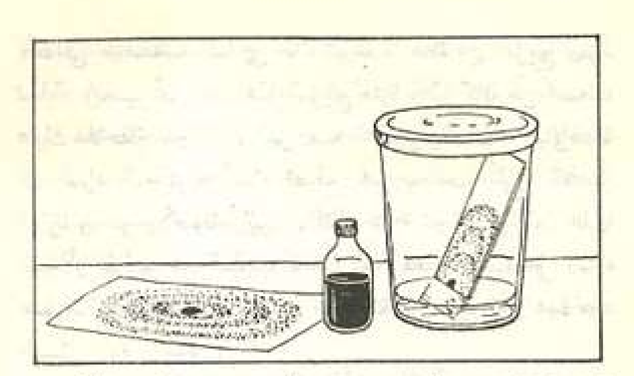
وهو من المركبات التى تحتوى على جزء بروتينى وآخر كربوهيدراتى وعند تفكيكه بأحماض قوية تتكون الأحماض الأمينية التى تتألف منها البروتينات والكربوهيدرات .

الكروماتوغرافيا فى البيت

كثيرا ما يستعان فى المخابر بالكروماتوغرافيا لتجزئة وتحليل المخاليط المتنوعة ولفصل مواد معينة منها وهى تعتبر من أفضل الطرائق المتبعة فى تجزئة وتحليل المخاليط . وتطبق الكروماتوغرافيا فى الصناعة عندما يراد فصل وتنقية المواد المتشابهة عضوية كانت أو لاعضوية . وهى تقوم على أن مكونات المزيج (السائل أو الغازى) تختلف فى درجة تعلقها بالمادة المازة التى تستطيع أن تمتز انتقائيا هذه المركبات الكيميائية أو تلك .

وأجهزة الكروماتوغرافيا الحديثة هى أجهزة معقدة ذات توجيه آلى وتزود أحيانا بآلات حاسبة صغيرة تنظم سير البحث وتعطى نتائج جاهزة مباشرة . وطبيعى أن أجهزة كهذه ليست متوفرة فى المدرسة ولا فى مخبر المنزل . ولكن هذه الطريقة فى التحليل بدأت بأساليب ووسائل بسيطة هى بمقدور الكيميائى المبتدئ .

ولنبدأ بالكروماتوغرافيا على الورق . ونشير الى أن المحلل الكيميائى يستخدم فيها نوعا خاصا من الورق ولكن تجاربنا هنا تتطلب ورق ترشيح عادى أو ورق نشاف أيضا . خذ ورقة ترشيح مربعة ونقط فى منتصفها عدة نقاط من المحلول المراد دراسته والحاوى على مزيج من مواد ملونة (يمكنك أن تستعمل مستخلص الكلوروفيل الذى جاء ذكره فى قسم «الاستخلاص» أو مزيجا من أصبغة تحضره خصيصا لهذه التجربة) ، فتتكون



بقعة على الورقة . نقط فى منتصف البقعة عدة نقاط من المذيب ، وليكن الكحول مثلا ، وستلاحظ كيف أن المذيب ينتشر بين ألياف الورقة حاملا معه المواد الملونة فى جميع الاتجاهات . وقد تختلف سرعة سير العملية تبعا لطبيعة المادة المدروسة وكتلتها الجزيئية ولكن مما لا شك فيه أنه ستظهر على الورقة عاجلا أم آجلا عدة حلقات مختلفة اللون ويتوقف عددها على عدد المواد الموجودة فى المزيج الخاضع للتحليل .

وهى فى تجربة الكلوروفيل حلقتان : صفراء ورمادية .

وبامكانك وضع احتمالات كثيرة لهذه التجربة باستخدام مزج مختلفة ومذيبات مناسبة أيضا . ويمكن أن تحصل على نتائج أكثر دقة عندما تستعمل عوضا عن الورقة طبقة رقيقة من ماز تغطى لوحا من الزجاج مثلا وتسمى الطريقة عندئذ بالكروماتوغرافيا فى الطبقات الرقيقة . أما المادة المازة فهى النشاء فى أبسط الحالات .

اخلط النشاء فى حجم قليل من الكحول ، اسكب المزيج الناتج على لوح الزجاج واترك المذيب يتبخر وبعد أن يجف اللوح

نقط في منتصفه ، كما في حالة الورقة ، نقطة من المزيج المراد تحليله (يجب أن يكون هذا المزيج ملونا والا كان من الصعب عليك ملاحظة التجزئة) . انتق عينه التحليل بنفسك ، فبالاضافة الى المواد المذكورة أعلاه تصلح هنا مختلف أنواع العصير الملونة والحبر والأصبغة وغيرها . اترك البقعة تجف ثم نقط عليها نقطة أو نقطتين من المذيب فاذا تركت البقعة المنتشرة على النشاء عدة حلقات ملونة دل ذلك على أن العينة هي مزيج من عدة مواد وليست مادة واحدة .

واليك احتمال آخر لاجراء تجربة الكروماتوغرافيا في الطبقات الرقيقة : ضع الصفيحة بشكل مائل في كأس زجاجي يوجد في أسفله قليل من المذيب بحيث يغمر قليلا النشاء الموجود على الصفيحة ، لاحظ كيف أن المذيب (الكحول مثلا) يرتفع في طبقة النشاء ويصل الى نقطة المزيج ثم يرتفع فوقها قليلا . عندئذ يتجزأ المزيج الى مكوناته الأصلية التي تتوزع على النشاء توزعا مختلفا .

وليست طريقة الكروماتوغرافيا في الأعمدة أقل انتشارا واستخداما في المخابر الكيميائية من الطرق الأخرى . فبموجبها يتجزأ المزيج في أعمدة مملوءة بالماز وهي أدق من غيرها ولكنها تتطلب وقتا أطول لأن المحلول يتحرك ببطء في العمود .

استعمل كعمود الكروماتوغرافيا انبوبة زجاجية قطرها ١ سم تقريبا وطولها حوالي ٢٠ سم ، سد نهايتها السفلى بقطنة ثم املأها الى أعلى من منتصفها بقليل بالنشاء أو بودرة السكر ، اسكب من فوقة الأنبوبة العليا محلول المزيج المراد دراسته ويفضل ألا يكون هذا المحلول مركزا جدا ، اسكب ٣ — ٤ ملل من المذيب

النقي في الانبوبة بعد أن يجتاز المحلول نصف عمود النشاء أو بودرة السكر . عندئذ يبدأ المزيج بالانتشار على طول العمود وتصبح الحلقات الملونة واضحة ويكون عددها مساويا عدد المواد الداخلة في تركيب المزيج قيد الدراسة . وتنجح هذه التجربة جيدا بوجه خاص على مستخلص الكلوروفيل وعندما يستعمل البنزين النقي (ليس بنزين السيارات وانما البنزين المستعمل في الكيمياء كمذيب) كمذيب فيها .

الشعاع سقط على البلورة

ستقوم الآن بتحضير مادة نصف ناقلة (شبه موصلة) وقد تسنى لك ذلك في أحد المرات وبالتحديد عندما حولت ملعقة الألومنيوم الى مقوم للتيار . وتجربتنا الآن لن تقل طرافة ومتعة عن السابقة وستصحبها توضيحات نظرية . ومن الأفضل أن تجرى في مخبر المدرسة لا لكونها خطرة وانما لعدم توفر المواد اللازمة لها في البيت .

ولنجر أولا تجربة تمهيدية : حضر محلولا من نترات أو أسيتات (خلات) الرصاص ومرر خلاله كبريتيد الهيدروجين (يجب العمل تحت نافذة سحب الغازات) ، جفف الراسب المتكون من كبريتيد الرصاص PbS وافحص ناقليته للكهرباء فيظهر أنه عازل تماما . اذن فما هو دور أنصاف النواقل هنا ؟

لا تتسرع في استنتاجاتك قبل أن تجرى التجربة الأساسية التالية . حضر حجمين متساويين (١٥ ملل مثلا) من محلول لثيوكرباميد $NH_2C(S)NH_2$ تركيزه ٣٪ ومحلول لأسيتات الرصاص تركيزه ٦٪ ، اسكب المحلولين في كأس صغير ، ضع لوحا

زجاجيا في الكأس وثبته بحيث يقف عموديا ، البس قفازات مطاطية واسكب فى الكأس حتى أعلاه تقريبا محلولا مركزا لمادة قلوية ثم حرك المحلول بهدوء بواسطة قضيب زجاجي مع مراعاة عدم لمس اللوح الزجاجي ، سخن المحلول بلطف حتى ينطلق البخار منه ، تابع التحريك ، وبعد مرور عشر دقائق اسحب اللوح الزجاجي بلطف واغسله تحت تيار من الماء الجارى ثم اتركه ليجف . وتكون فى هذه الحالة قد حصلت على كبريتيد الرصاص . اذن فما هو الفرق ؟

فى التجربة الثانية يجرى التفاعل ببطء ، ولا يظهر الراسب فورا . واذا راقبت سير التفاعل لاحظت أنه يتعكر فى البداية ثم يصبح كالحليب تقريبا وبعدها يسود . وهذا يعنى أن المركبات الوسطية تتفكك أولا ثم يتكون كبريتيد الرصاص الأسود الذى يترسب على اللوح الزجاجي على شكل طبقة سوداء رقيقة تتكون من بلورات دقيقة جدا لا يمكن تمييزها الا تحت المجهر ولهذا تبدو الطبقة ناعمة وملساء كالمرآة .

أوصل الطبقة بالتيار الكهربائى وستلاحظ أن كبريتيد الرصاص ينقل التيار هنا علما بأنه سلك سلوك العازل فى التجربة السابقة . أدخل فى الدارة مقياس الأمبير وقس شدة التيار ثم احسب المقاومة فتظهر أنها أعلى من مقاومة المعادن ولكنها ليست كبيرة بالقدر الذى يجعلها تمنع مرور التيار . قرب من اللوح الزجاجي مصباحا كهربائيا مشتعلا ثم أوصل التيار من جديد وستلاحظ فورا أن مقاومة كبريتيد الرصاص قد انخفضت كثيرا. ويحدث الشيء نفسه عند تسخين لوح أسود . وعندما تزداد الناقلية أثناء الاضاءة أو التسخين يعنى ذلك أن المادة هى نصف ناقل .

فمن أين لكبريتيد الرصاص هذه الخاصة ؟ لقد كتبنا صيغته بالشكل التالى PbS ، ولكن التركيب الحقيقى لبلوراته لا يتفق تماما مع هذه الصيغة . فبعض المركبات ، ومن بينها كبريتيد الرصاص ، لا تخضع لقانون ثبات التركيب وهى جميعها أنصاف نواقل (وهذا ينطبق أيضا على أكسيد الألومنيوم الذى قوّم التيار المتناوب) .

كان من المفروض أن يتكرر نظام توضع الجسيمات فى بلورة PbS بشكل دقيق ولكن يحدث أحيانا أن تراكيز المحاليل التى تحضر منها البلورات ليست ثابتة ، مما يخل بنظام توضع الجسيمات فى هذه البلورات وتؤثر درجة الحرارة وغيرها من الظروف الخارجية على هذا الوضع أيضا . ومهما يكون الأمر ، فان النسبة بين ذرات الكبريت والرصاص فى البلورة الحقيقية ليست ١:١ تماما ، وانما تختلف عن هذه النسبة بمقدار ضئيل جدا يبلغ حوالى ٠,٠٠٠٥ وهذا يكفى لكى تتغير الخواص تغيرا محسوسا .

ترتبط ذرات الرصاص والكبريت مع بعضها فى البلورة بالكترونين يقدمهما الرصاص للكبريت . ولكن ماذا يحصل عندما تختل النسبة ١:١ ؟ اذا لم توجد ذرة كبريت بالقرب من ذرة الرصاص ، أصبح الالكترونان حرين وقاما بنفسهما بنقل التيار الكهربائى . وحالات كهذه ليست نادرة كما يبدو لأول وهلة ، فبالرغم من أن النسبة ١:١,٠٠٠٥ تساوى الواحد تقريبا ، الا أن العدد الهائل من الذرات فى البلورة يجعل هذا الفرق الضئيل أمرا يستحق الاعتبار .

يمكن التحكم بتركيب كبريتيد الرصاص والغرض من ذلك

هو تغيير ناقليته للكهرباء . فعندما يزداد عدد ذرات الكبريت فى البلورة تنخفض الناقلية ولكن عندما يقل عددها يزداد عدد الالكترونات الحرة وبالتالى تزداد الناقلية . وبعبارة أخرى ، فانه يمكننا الحصول على الناقلية المطلوبة بتغيير النسبة بين ذرات الكبريت والرصاص وليس من السهل القيام بتجربة من هذا النوع .

خذ انبوبة من الكوارتز وضع فى داخلها ملعقة زجاجية تحوى كبريتيد الرصاص وأدخل فيها من الطرف الثانى ملعقة مماثلة تحوى الرصاص سخن الانبوبة بشدة حتى يبدأ الرصاص بالتبخر . عندئذ يمتص الكبريتيد هذه الأبخرة ويصبح غنيا بالرصاص مما يجعل ناقليته الكهربائية تزداد كثيرا .

ولم يبق سوى أن نجيب عن سؤال حول سبب كون كبريتيد الرصاص يتأثر بالاضاءة . الواقع أن كمات الضوء تنقل الطاقة للالكترونات وتختلف الأشعة الأكثر فعالة من حالة الى أخرى . وهى الاشعاع الحرارى تحت الأحمر فى حالة كبريتيد الرصاص ولهذا السبب اقترحنا عليك أن تقرب المصباح الى اللوح . ونشير فى هذا المجال الى أن أجهزة استقبال الاشعاع تحت الأحمر تحوى عادة مادة نصف ناقلة جيدة هى كبريتيد الرصاص .

صورة فوتوغرافية غريبة

تقوم عملية التصوير على تفاعلات المواد الحساسة للضوء ، أى هاليدات الفضة (وأغلبها استعمالا بروميد الفضة) التى توجد فى المستحلب الحساس للضوء وهى تتفكك هناك بفعل الضوء وعندئذ تظهر على المناطق المضاءة بلورات صغيرة من الفضة .

والفضة معدن ثمين وهو ضرورى فى مجالات أخرى غير التصوير . ولهذا يفتش البحاثة عن مواد حساسة للضوء لا تحتوى عليه . وبالرغم من احراز نجاحات بارزة فى هذا المضمار ، الا أنه م يعثر بعد على بديل تام للفضة . ومع ذلك ، فان التصوير بدون الفضة يطبق بنجاح لأغراض معينة وبامكاننا القيام بذلك . وفيما يلى بعض الأمثلة :

أذب فى ١٠٠ ملل من الماء المقطر ١٥ غم من الغلوكوز و ٢ غم من بيكرومات الأمونيوم ، بلل قطعة قماش بيضاء نظيفة ورقيقة بالمحلول الناتج ثم اتركها لتجف فى الظلام لأنها أصبحت حساسة للضوء ، واكوها بالمكواة فى الظلام أيضا ، حضر سلفا المحلول المظهر وهو يتألف من ١ غم من نترات الفضة (لا يمكننا الاستغناء تماما عن أملاح الفضة) و ١٠ ملل من حمض الخل فى ١٠٠ ملل من الماء .

ارسم على ورق استشفاف الرسم الذى تريد أن تطبعه على القماش ، ضع الورقة فوق القماش وانقلهما الى مكان مضىء ، لا تسرع : فالعملية هنا تحتاج الى حوالى خمس دقائق فى ضوء النهار والى وقت أكبر فى ضوء المصباح الكهربائى ، اغمس القماش فى المحلول المظهر لاظهار الصورة عليه ولا داع لاجراء هذه العملية فى الظلام بل يكفى لذلك أن يكون الضوء ضعيفا . نشّف القماش ، فيظهر عليه رسم بنى غامق .

استفدنا فى هذه التجربة من الخواص المختزلة للغلوكوز فهو ، أى الغلوكوز ، قد اختزل الكروم الموجود فى بيكرومات الأمونيوم . أما القسم من البيكرومات الذى لم يختزل ، فيتفاعل مع ايونات الفضة الموجودة فى المحلول المظهر ويشكل مركبا

ملونا يبقى على القماش لأنه غير ذواب . وهنا نحصل على الصورة النهائية لأن اللون يظهر على المناطق العاتمة .

واليك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة يستعمل فيها بيكرومات الأمونيوم أيضا بدون الغلوكوز . والأهم من ذلك أنها تستغنى عن الفضة حتى فى المحلول المظهر . حضر مستحلبا مؤلفا من محلولين ، المحلول الأول : ضع ١٧ غم من غراء النجارة و ٦ غم من الجيلاتين فى ١٠٠ ملل من الماء وأضف اليها ٣ ملل من محلول النشادر فى الماء ، اترك المزيج لينتفخ يوما كاملا ثم سخنه بعدها حوالى ساعة على حمام مائى فى الدرجة ٨٠°م حتى الذوبان التام ؛ المحلول الثانى : ٢,٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢,٥ غم من شب الكروم والبوتاسيوم و ٣ ملل من محلول النشادر فى الماء و ٣٠ ملل من الماء و ٦ ملل من الكحول . وبعد أن يبرد المحلول الأول حتى الدرجة ٥٠°م تقريبا اسكب فيه مع التحريك المحلول الثانى ثم رشح المستحلب الناتج مرتين (يفضل أن يتم الترشيح من خلال القطن) ، ضع المستحلب فى مكان مظلم ، اجر العملية التالية ، وهى طلاء صفيحة معدنية أو زجاجية أو خزفية بهذا المستحلب ، فى غرفة عاتمة .

اسكب المستحلب المسخن حتى الدرجة ٣٠ — ٤٠°م على الصفيحة النظيفة ثم حركها كى تتساوى طبقة المستحلب عليها ، جفف الصفيحة لمدة خمس عشرة دقيقة ، ويستحسن أن يتم ذلك مع التسخين الخفيف ، ضع ورقة الاستشفاف التى خطط عليها الرسم المطلوب على الطبقة الحساسة للضوء ، اضغطها بلوح من الزجاج كى تستقيم ، ثم سلط عليها الضوء . فاذا كان ضوء

الشمس ، وهو الضوء الأفضل ، وجب أن تستمر الاضاءة عدة دقائق . أما اذا كان الضوء اصطناعيا ، فيجب أن تستعمل عدة مصابيح استطاعتها الكلية حوالى ٢٠٠٠ فواط ، ويفضل أن تكون مزودة بعواكس ، ويجب أن تستمر الاضاءة فى هذه الحالة عشر دقائق . يجب أن تتم عملية الاظهار فورا والا قامت أملاح الكروم بتجميد الجيلاتين وبخاصة فى الأماكن التى لا داع فيها لمثل ذلك . والمظهر هو ماء دافئ لا تزيد درجة حرارته عن ٣٠°م ويذوب فيه الجيلاتين غير المتجمد . أما الأماكن التى تجمد فيها الجيلاتين ، فتبقى على السطح .

لم تظهر الصورة دقيقة جدا . ولاصلاح هذا العيب يجب غمرها فى محلول لدليل بنفسجى الميتيل (الميتيل البنفسجى) تركيزه ١٪ (يمكن هنا أن يستعمل محلول من الحبر البنفسجى) ، اغسل الصفيحة بعد ذلك بالماء ثم اشرع بتثبيتها فى المحلول التالى : ٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢ غم من شب الكروم والبوتاسيوم و ٤ ملل من الكحول فى ١٠٠ ملل من الماء ، يجب أن يستمر التثبيت أربع دقائق ، نشف الصورة فى الهواء ، ولزيادة التثبيت يمكن تسخينها ، أى الصورة ، لعدة دقائق فى خزانة التجفيف أو فرن الغاز المطبخى .

وستكون الصورة التالية مألوفة لنا أكثر من غيرها لأننا سنطبعها على الورق . وبالرغم من أن الورق هو ورق ترشيح الا أن التجربة مثيرة وقابلة للعرض .

غطس ورقة على شكل حلقة فى محلول مؤلف من ٢٠ ملل من محلول الملح الدموى الأحمر $K_3[Fe(CN)_6]$ ذى التركيز ٥٪ و ٢٠ ملل من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ ذى التركيز ٥٪

و ٢٠ ملل من محلول حمض الأكساليك H_2CO_4 ذى التركيز ٥٪ (انتبه أثناء التعامل به) ، اسحب الورقة من المحلول بعد أن تتشرب به ثم جففها فى الظلام ، ضع عليها بعدئذ ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة وعرضها لأشعة الشمس . وتذكرك بأن مصابيح التوهج الكهربائى لا تصلح لهذا الغرض باستثناء مصباح الأشعة فوق البنفسجية (مصباح الكوارتز) وعندها تتلون الأماكن المضاءة بلون أزرق غامق نظرا لتشكل أزرق ترنبل الذى ورد ذكره سابقا . ولا حاجة لاظهار الصورة هنا ولكن يمكن تثبيتها بغسل الورقة بالماء لتخليصها من المواد التى لم تشترك فى التفاعل .

واليك التجربة الأخيرة على التصوير بدون فضة : أذب فى كأس زجاجي يحوى ١٠٠ ملل من الماء ٠,٤ غم من كلوريد الحديد ثلاثى التكافؤ و ٠,٤ غم من حمض الأكساليك وأذب فى كأس آخر يحوى حجما مماثلا من الماء ١,٤ غم من كلوريد النحاس ، امزج ١٠ ملل من المحلول الأول مع ٠,٦ ملل من المحلول الثاني ، بلل ورقة ترشيح بهذا المزيج وجففها فى الظلام . والآن حضر المحلول المظهر كما يلى : أذب ٣,٥ غم من كبريتات النحاس و ١٧ غم من طرطرات البوتاسيوم والصوديوم (ملح روشيل أو ملح سيغنيت) و ٥ غم من الصودا الكاوية (انتبه أثناء التعامل بها) فى ١٠٠ ملل من الماء ، امزج المحلول الناتج مع ٢٥ ملل من محلول الفورمالدهيد ذى التركيز ٤٠٪ ، عرض الورقة مرة أخرى لأشعة الشمس أو للأشعة الصادرة عن مصباح الكوارتز بعد أن تضع عليها ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة . وخلافا للتجربة السابقة ، فان الصورة لن تظهر هنا فورا ، وانما

تظهر بعد بقائها لمدة ١٥ دقيقة فى المحلول المظهر وغسلها بكمية وافرة من الماء .

وتذكرنا هذه العملية الى حد ما بالصورة الفضية لأنه تتكون فى طبقتها الحساسة للضوء مراكز تبلور ليست من الفضة وانما من النحاس . ومن ناحية أخرى ، فان النحاس لم يترسب من المستحلب ، كما هو الحال فى الصورة العادية ، وانما ترسب من المحلول الذى يجرى اظهاره .

السرعة تلفت الأنظار

يتضمن علم الكيمياء فرعا خاصا يدرس سرعة التفاعلات الكيميائية المختلفة وآلياتها ويسمى بالحركية (الكينتيكا) الكيميائية .

ومع أن النظرية الكيميائية تستطيع تفسير العديد من الظواهر ، الا أنها عاجزة بعد عن التنبؤ نظريا بسرعة أى تفاعل كان . فهذه السرعة تدرس تجريبيا فى المختبر ثم توضع الطرائق الكفيلة بتغييرها . ويعرف عدد كبير من التفاعلات الهامة صناعيا التى تتميز بأنها بطيئة جدا وبحاجة الى تسريع . وبالمقابل ، هناك تفاعلات أخرى يجب كبحها لأنها تشكل ضررا على العملية الانتاجية .

وبعبارة أخرى ، فالحركية الكيميائية هى علم تجريبى . ويمكن التأكد من صحة قوانينها باجراء عدد من التجارب غير المعقدة .

وسنتأكد فى أول الأمر من أن سرعة التفاعل الواحد يمكن أن تتغير فعلا تغيرا كبيرا (وعلى أية حال ، يمكننا أن نتوقع حدوث هذا التغير بناء على ما يجرى فى حياتنا اليومية ودون اللجوء الى

اجراء التجارب الكيميائية . فمثلا ، نعلم جيدا أن المواد الغذائية تفسد فى الجو البارد بسرعة أبطأ منها فى الجو الحار ، وذلك لأن سرعة التفاعلات البيوكيميائية تختلف باختلاف درجة الحرارة) . وللتأكد من ذلك اجر مرة أخرى التجربة الواردة فى قسم «ساعة كيميائية» بشرط أن تقوم هنا بتغيير درجة الحرارة وابقاء تركيز المواد المتفاعلة على حاله . فاذا سكبت المحلولين الأصليين ، وهما محلول كبريتات الصوديوم ومحلول يودات البوتاسيوم فى حمض الكبريتيك ، فى ماء مثلج لاحظت أن الفترة اللازمة لظهور اللون الأزرق أكبر منها فى حال استخدام ماء حار . ولكن انتبه الى أن اللون لن يظهر البتة فى ماء ساخن جدا لأن المركب الملون الناجم عن تفاعل اليود مع النشاء لن يكون ثابتا فى هذا الماء .

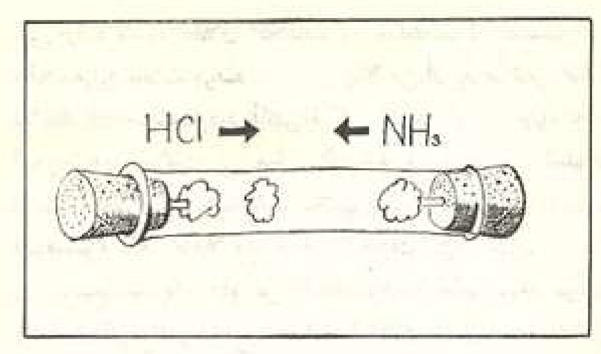
وهكذا ، فقد أوضحت تجريبيا أن سرعة التفاعل تزداد كلما ازدادت التراكيز وارتفعت درجة الحرارة . ولكن بعض التفاعلات تبدو للوهلة الأولى أنها تشذ عن هذه القاعدة واليك مثالا على ذلك .

اسكب فى انبوب اختبار حمض الخليك بحيث يبلغ ارتفاعه فيه ١ ــ ٢ سم وارم فيه عدة قطع من الزنك بعد تنظيفها مسبقا بغمرها فى محلول حمض الهيدروكلوريك لمدة عشرين ثانية وتنظيفها بالماء بعد ذلك . وباعتبار أن حمض الخليك حمض ضعيف ، فان الزنك يذوب فيه ببطء شديد ، وبالكاد أن يشاهد انطلاق فقاعات الهيدروجين فكيف يمكن تسريع التفاعل ؟ بتسخين المحلول ؟ نعم . هذا أمر صحيح . ولكن ألا توجد طريقة أخرى لذلك ؟ لنتصرف كما يلى : نبدأ باضافة ماء نقى على دفعات صغيرة الى المحلول مع التحريك جيدا فى

كل مرة ، راقب انطلاق الفقاعات . ويا للعجب ! فالحمض قد خفف مرتين وثلاث مرات . والتفاعل بدلا من أن يتباطأ تدريجيا ، نلاحظ أن سرعته تزداد أكثر فأكثر . واذا أردت اجراء هذه التجربة مع زملائك فى مخبر المدرسة فبامكانك أن تستبدل الزنك بقطعة صغيرة من نثارة المغنسيوم دون أن تنظفها مسبقا . فالمغنسيوم أشد تفاعلا مع حمض الخليك من الزنك .

يصبح هذا «الشذوذ» عن القاعدة واضحا ومفهوما بعد دراسته جيدا : ففى تجربتنا مع حمض الخليك تتعلق سرعة تفاعل الزنك أو المغنسيوم مع الحمض بتركيز ايونات الهيدروجين فى المحلول . وتتكون هذه الايونات أثناء اذابة الأحماض فى الماء . ولكن حمض الخليك الضعيف يوجد فى المحلول على شكل جزيئات غير متفككة ، عندما تكون كمية الماء قليلة . وبالمقابل فان تخفيفه بالماء يزيد من عدد جزيئاته التى تتفكك الى ايونات ، وبالتالى تزداد سرعة التفاعل نتيجة لذلك . ومن ناحية أخرى ، فان اضافة كمية كبيرة من الماء تجعل التفاعل يتباطأ من جديد لسبب آخر وهو أن تركيز ايونات الهيدروجين ينخفض مرة أخرى بسبب التخفيف الشديد . وأسرع محلول يتفاعل مع الزنك هو محلول حمض الخليك ذو التركيز ١٥٪ .

وطبيعى أننا لم نناقش هذه التجربة بقصد تبيان مدى الغرابة التى تتصف بها بعض التحولات الكيميائية . ولكن أردنا أن نلفت انتباهك الى الناحية التالية ، وهى أن التحكم بسرعة التفاعل يتطلب حتما أن نعرف كيف يجرى التفاعل نفسه . وأى تفاعل كان يبدأ عندما تتصادم جزيئات المواد المتفاعلة مع بعضها البعض . ولنر كيف يحدث ذلك .



خذ انبوبة من الزجاج غير عريضة كثيرا ويبلغ طولها عدة عشرات من السنتيمترات واختر لها سدادتين ، ثبت فى طرف كل سدادة قضيبا زجاجيا صغيرا ولف عليه قطعة من القطن ، بلل احدى القطعتين بعدة نقاط من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز وبلل القطعة الثانية بمحلول مركز من النشادر ، أدخل السدادتين فى آن واحد فى نهايتى الأنبوب بحيث تقع قطعتا القطن داخله . وستلاحظ بعد مرور عدة دقائق (يعتمد هذا الوقت على طول الانبوب) أنه ستظهر بالقرب من قطعة القطن المبللة بمحلول حمض الهيدروكلوريك حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl .

وقد جرت العادة أثناء التفاعلات الكيميائية أن يخلط المزيج كى تجرى العملية بسرعة أكبر . ولكننا هنا لم نقم بذلك خصيصا ، ولم نحاول مساعدة الجزيئات على أن تتقابل مع بعضها ، بل تركناها تتحرك بنفسها . ويطلق على مثل هذا التحرك الذاتى للجزيئات فى هذا الوسط أو ذاك اسم الانتشار . والواقع أن جزيئات المادتين تعرضت بعد تبخرها من القطن المليارات

الاصطدامات فى الثانية سواء مع جزيئات الهواء أو مع بعضها بعضا . وبالرغم من أن سرعة الجزيئات كبيرة جدا ، وتبلغ مئات الأمتار فى الثانية فى الدرجة صفر مئوية وتحت الضغط الجوى العادى الا أن المسير الحر ، أى المسافة التى يقطعها الجزىء من اصطدام الى آخر ، يبلغ عند هاتين المادتين حوالى ٠,٠٠٠١ ملم فقط . ولهذا السبب كان تحرك غازى النشادر وكلوريد الهيدروجين (المتبخر من حمض الهيدروكلوريك) بطيئا فى الانبوبة . وهكذا تنتشر رائحة العطر داخل الغرفة عندما يكون الهواء ساكنا فيها .

ولكن ، لماذا لم تظهر الحلقة البيضاء فى وسط الانبوبة ؟ السبب هو أن جزيئات النشادر أصغر من جزيئات كلوريد الهيدروجين ، وعليه فهى تتحرك فى الهواء بسرعة أكبر . واذا أفرغنا الانبوبة من الهواء ، فان جزيئات النشادر وكلوريد الهيدروجين تتقابل وتتصادم خلال أجزاء من الثانية لأن المسير الحر للجزيئات يزداد كثيرا عندئذ .

وننصحك بأن تجرى بنفسك دراسة بسيطة لمعرفة مدى تأثير قوى الجاذبية ودرجة الحرارة على الانتشار . ولهذا الغرض يجب وضع الانبوبة بشكل عمودى ومائل قليلا وكذلك تسخينها فى أماكن مختلفة (بما فى ذلك المكان الذى يترسب فيه كلوريد الأمونيوم) . وحاول أن تستخلص النتائج بنفسك .

ننتقل الآن من الغازات الى السوائل حيث يجرى الانتشار ببطء أكبر . ولنتأكد من ذلك تجريبيا .

خذ لوحا زجاجيا نظيفا وأملس ، نقط عليه عدة نقاط من الماء ثم نقط بالقرب منها من جانب واحد عدة نقاط من محلول الصودا وعلى الجانب الآخر نقط عدة نقاط من محلول حمض

الهيدروكلوريك . بشرط ألا تتلامس المحاليل جميعها قبل بدء التجربة ، أوصل المحاليل الثلاثة ببعضها بعضا بواسطة قضيب زجاجي مع مراعاة عدم خلطها أبدا . والمفروض أن ينطلق بعدئذ غاز ثاني أكسيد الكربون ، ولكن ذلك لن يحدث رأسا . ولكن عندما يبدأ الغاز بالانطلاق تتجمع فقاعاته على طول الحد الذى يفصل بين منطقتى انتشار الحمض والصودا .

ويمكننا استبدال الصودا والحمض بمادتين أخريتين مهما كان نوعهما ، ولكن بشرط أن تذوبا فى الماء ، وأن تتلونا أو تعطيا راسبا أثناء خلطهما معا . ومهما كان الأمر ، فمن الصعب هنا تفادى سيلان السوائل الذى يشوه منظر التجربة . ولهذا يفضل أن تجرى مثل هذه التجارب بعد اضافة الجيلاتين الى المحاليل لجعلها لزجة وغليظة القوام .

حضر محلولا من الجيلاتين تركيزه ٤٪ وسخنه فى ماء ساخن ، اسكب المحلول الساخن فى انبوب اختبار وبعد أن يبرد خذ بالملقط بلورة من برمنجنات البوتاسيوم أو كبريتات النحاس أو أية مادة أخرى ملونة وتذوب فى الماء وأدخلها بسرعة وبحركة واحدة الى وسط الانبوب ، اسحب الملقط بعد ذلك بحركة سريعة وبحذر . وبعدها يمكنك أن تشاهد خلال عدة ساعات منظرا جميلا لحادثة الانتشار . اذ تنتشر المادة الذوابة فى جميع الاتجاهات بسرعة واحدة مكونة حلقة ملونة .

يمكن اجراء تجربة أخرى على المحاليل اللزجة : اسكب محلولا ساخنا من الجيلاتين فى انبوبى اختبار وأضف الى أحديهما قليلا من محلول مادة قلوية والى الآخر محلول الفنولفتالين . وبعد أن تبرد محتويات الانبوبين أدخل بسرعة وبواسطة الملقط

الى وسط الأنبوب الأول قطعة من حبة من الفنولفتالين والى وسط الانبوب الثانى حبة من الصودا المكلسة ، فيظهر فى الحالتين لون قرمزى ولكن لاحظ أن اللون فى الانبوب الثانى ينتشر بسرعة أكبر بكثير منها فى الانبوب الأول ، لأن أيونات الهيدروكسيل التى تكونت أثناء تفكك المادة القلوية هى أصغر وأخف بكثير من الجزيئات العضوية المعقدة للفنولفتالين مما يجعلها تتحرك بسرعة أكبر فى المحلول .

ولننتقل الآن الى المواد الصلبة . ففى التفاعلات التى تحدث فيما بينها (أو بينها وبين المواد السائلة أو الغازية) يجرى التصادم بين الجزيئات على السطح فقط وعليه تزداد سرعة التفاعل كلما كبر سطح الفصل . وسنتأكد من ذلك فيما يلى .

الحديد لا يشتعل فى الهواء وهذا الكلام يسرى على القطع والمواد الحديدية فقط . ونذكر على سبيل المثال أن سطح التلامس مع الهواء عند المسامير ليس كبيرا وعليه يجرى تفاعل الأكسدة عليها ببطء شديد . أما برادة الحديد ، فتتفاعل مع الأكسيجين بسرعة أكبر ، وتتحول صدأ على البارد قبل المسامير ، ويمكن أن تشتعل فى اللهب ، حتى أن الحبيبات الدقيقة جدا من الحديد يمكن أن تلتهب دون تسخين . ويسمى مثل هذا الحديد بالحديد التلقائى الاشتعال . ولا يمكن الحصول على هذه الحبيبات الحديدية بالشحذ بمبرد حتى ولو كان ناعما جدا ، وانما تحضر كيميائيا بتفكيك أوكسالات الحديد مثلا .

امزج محلولا مائيا لملح ما للحديد الثنائى التكافؤ ، وليكن كبريتات الحديد مثلا ، مع محلول مائى لحمض الأكساليك أو ملح من أملاحه الذوابة فى الماء ، رشح الراسب الأصفر من

أكسالات الحديد ثم انقل هذا الراسب الى انبوب اختبار بشرط ألا يشغل أكثر من خمس حجم الانبوب ، سخن هذه المادة فى لهب مصباح غازى حيث يوضع الانبوب فى وضع أفقى أو مائل قليلا وتوجه فوهته نحو الأسفل وبعيدا عن نفسك ، اسحب قطرات الماء المتكونة بورقة ترشيح أو قطن . وبعد أن تتفكك الأكسالات وتتحول الى مسحوق أسود ، يغلق الانبوب ويترك ليبرد ، اسكب محتويات الانبوب على دفعات صغيرة وبحذر شديد على لوح معدنى أو من الاسبستوس ؛ فتندلع من المسحوق شرارات ساطعة تظهر بوضوح أكثر فى غرفة مظلمة .

ونشير هنا الى ناحية هامة وهى أنه يمنع منعا باتا حفظ الحديد تلقائى الاشتعال لأنه قد يسبب اندلاع الحريق . ولهذا يجب بعد الانتهاء من التجربة تحميص المسحوق فى الهواء أو معالجته بالحمض كى لا تبقى فيه حبيبات لم تشتعل بعد .

ولندرس فيما يلى تأثير سطح المادة الصلبة على سرعة تفاعلها مع مادة سائلة . خذ قطعتين متساويتين من الطباشير وفتت احديهما محولا اياها الى مسحوق ، ضع كل عينة منهما فى أنبوب اختبار واسكب عليهما حجمين متساويين من حمض الهيدروكلوريك ، لاحظ كيف أن مسحوق الطباشير يذوب ، كما كان متوقعا ، بسرعة أكبر من سرعة ذوبان القطعة الكاملة ، ضع قطعة أخرى من الطباشير فى انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك ، فيحدث تفاعل عنيف فى البداية لا يلبث أن يهدأ قليلا ثم يتوقف نهائيا . فما هو السبب ؟ خاصة وأن حمض الكبريتيك ليس أضعف من حمض الهيدروكلوريك ...

الواقع أنه عند تفاعل الطباشير مع حمض الهيدروكلوريك

يتكون كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ الذى يذوب بسهولة فى الماء ولا يعيق وصول دفعات جديدة من الحمض الى سطح الطباشير . ولكن تفاعل الطباشير مع حمض الكبريتيك يعطى كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ، وهى مادة سيئة الذوبان جدا فى الماء وتبقى على سطح الطباشير حيث تغطيه تماما . ولجعل التفاعل يستمر فيما بعد لا بد من تنظيف سطح الطباشير من وقت الى آخر أو استعمال مسحوق عوضا عن قطعة كاملة . ونشير الى أن معرفة مثل هذه التفاصيل الدقيقة عن العملية أمر هام فى الصناعة الكيميائية .

واليك تجربة أخرى : اخلط فى هاون مادتين صلبتين تعطيان بعد التفاعل فيما بينهما نواتج ملونة ؛ ولتكونا مثلا نترات الرصاص ويوديد البوتاسيوم أو كبريتات الحديد والملح الدموى الأحمر ... الخ . اسحق المزيج بالمدقة فتلاحظ أنه يبدأ تدريجيا بالتلون أثناء السحق نظرا لأن سطح التأثير المتبادل بين المادتين زداد عندئذ . واذا سكبت على المزيج قليلا من الماء ظهر فورا بلون شديد لأن الجزيئات تتحرك فى المحلول بسهولة أكبر بكثير من حركتها فى الأجسام الصلبة :

وفى ختام تجاربنا على الحركية الكيميائية سنجرى تجربة كمية تحتاج الى آلة واحدة هى عداد الثوانى أو ساعة مزودة بعقرب للثوانى .

حضر ٠,٥ لتر من محلول لحمض الكبريتيك تركيزه ٣٪ (لا تنس أن تسكب الحمض الماء) و ٠,٥ لتر من محلول لثيوكبريتات الصوديوم تركيزه ١٢٪ ، أضف الى الماء عدة نقاط من هيدروكسيد الأمونيوم وذلك قبل اذابة الثيوكبريتات . خذ

زجاجتين اسطوانيتي الشكل وسعة كل منهما ١٠٠ ملل ، ضع علامات على جدار كل منهما تشير الى المستويات ٥٠ ملل و ٢٥ ملل و ١٢,٥ ملل و ٣٧,٥ ملل وذلك بتقسيم الارتفاع على الجدار الى قسمين على التوالى ، رقّم الزجاجتين واسكب فيهما حتى العلامة العليا (٥٠ ملل) المحلولين المذكورين أعلاه .

ضع كأسا عاديا رفيع الجدران وسعته ٢٠٠ ملل أو ٢٥٠ ملل على ورقة سوداء واسكب فيه محلول الثيوكبريتات أولا ثم محلول الحمض ، سجل الزمن فورا ثم اخلط المزيج لمدة ثانيتين مستعينا بقضيب من الخشب ، سجل ، حالما يبدأ المحلول بالتعكر ، الزمن الذى مر منذ بداية التفاعل . ويفضل أن تجرى هذا التجربة مع زميل لك يساعدك على مراقبة الزمن بينما تقوم أنت بسكب المحاليل وتعيين لحظة التعكر .

اغسل الكأس واجر التجربة ثلاث مرات مستعملا محلول الثيوكبريتات حتى العلامة الثالثة (الحجم ٣٧,٥ ملل) ثم العلامة الثانية (الحجم ٢٥ ملل) فالعلامة الأولى (الحجم ١٢,٥ ملل) وبشرط أن تكمل الحجم بالماء فى كل مرة حتى العلامة العليا . اترك حجم الحمض ثابتا فى التجارب الثلاثة واجعل الحجم الكلى للمزيج المتفاعل يساوى دوما ١٠٠ ملل .

والآن ارسم المنحنى البيانى الذى يعبر عن علاقة سرعة التفاعل بتركيز الثيوكبريتات . ويفضل أن يعبر عن التركيز باعداد صحيحة ١ و ٢ و ٣ و ٤ ، رتب هذه التراكيز على محور السينات .

والآن كيف تحسب سرعة التفاعل ؟

لا يمكن حساب سرعة التفاعل بدقة كبيرة لأننا نعين لحظة التعكر بالعين المجردة وهذا أمر غير دقيق تماما ، ومن ناحية

أخرى ، فان التعكر لا يدل الا على أن الجسيمات الدقيقة جدا من الكبريت والتى تنفصل أثناء التفاعل قد بلغت حجما معينا يمكن عنده ملاحظتها بالعين . ومع ذلك ، فاننا سنقبل ، لعدم توفر وسيلة أفضل ، أن يكون بدء التعكر دلالة على انتهاء التفاعل (وهذا أمر ليس بعيدا جدا عن الحقيقة والواقع) . وسنقبل فرضية أخرى وهى أن سرعة التفاعل تتناسب عكسا مع مدة حدوثه . فاذا جرى التفاعل مدة عشر ثوان اعتبرنا أن سرعته تساوى ٠,١ . وهكذا سنرتب قيم السرعات على محور العينات .

حصلنا من أربع تجارب على أربع نقاط والنقطة الخامسة هى مركز الاحداثيات . وستقع النقاط الخمسة على خط مستقيم تقريبا . ونكتب معادلة التفاعل كما يلى :

$$v = k[Na_2S_2O_3]$$

حيث v سرعة التفاعل ، وقد اعتمد القوسان المربعان فى الحركية الكيميائية للدلالة على التركيز و k ثابت السرعة الذى يعين بسهولة من الخط البيانى .

ولكن سرعة التفاعل يجب أن تتعلق بتركيز حمض الكبريتيك أيضا . واذا تركب كمية الثيوكبريتات ثابتة وخففت حمض الكبريتيك امكنك دراسة تغير سرعة التفاعل . ستستغرب أنها لن تتغير فى هذه الحالة ! ان مثل هذه الحالات ليست نادرة . ففى تجربتنا هذه يجرى تفاعل معقد وناتجه ، زهر الكبريت ، لا ينطلق فور حدوث الاصطدامات المباشرة بين جزيئات الثيوكبريتات والحمض . وبوجه عام ، فان التفاعلات التى تتكون نواتجها فورا ليست كثيرة . تتضمن التفاعلات المتتابعة المعقدة مرحلة تكون أبطأ من

المراحل الأخرى . وهى فى حالتنا هذه المرحلة الاخيرة التى يتكون فيها الكبريت وسرعتها هى التى قمنا بقياسها فعلا .

الخيوط الاصطناعية

غزت الخيوط الكيميائية العالم فى السنوات الأخيرة . وبالرغم من أن الناس لا يزالون يزرعون القطن والكتان ويربون الأغنام والماعز الا أن الصناعة أصبحت تضيف الى الخيوط الطبيعية التقليدية خيوطا اصطناعية بغية اعطاء القماش متانة وجمالا ومقاومة للتجعد وغيرها من الخواص المفيدة الأخرى وللتوفير فى نهاية الأمر من استهلاك الخيوط الطبيعية .

ومن الصعب علينا أن نحضر الخيوط الكيميائية الواسعة الانتشار حاليا وهى الخيوط البولى أميدية (الكابرون مثلا) والبولى اثيرية (اللافسان مثلا) . ولكن سيقع اختيارنا على خيوط النحاس والنشادر ، فهى تعتبر من الخيوط الاصطناعية الأولى ، والمادة الأولية فى صناعتها هى السليولوز الموجود فى نشارة الخشب وغيرها من نفايات صناعة الاخشاب . وتستعمل هذه الخيوط حاليا فى صناعة السجاد والتريكو ، ولكن حجم استهلاكها أقل بكثير مما كان عليه فى الماضى نظرا لظهور خيوط أخرى أكثر متانة وأقل ثمنا منها . وهى أفضل ما يمكن اختياره لاجراء تجاربنا .

تشكل الخيوط الاصطناعية من محاليل لزجة تمرر خلال ثقوب ضيقة حيث تنفصل المادة المذابة على شكل خيوط . وفى حالتنا هذه تكون المادة الأساسية فى المحلول هى مركب النحاس مع النشادر ذو الصيغة العامة $[Cu(NH_3)_n](OH)_2$.

واذا لم يتوفر عندك هذا المركب ، فبامكانك أن تحضره بنفسك بمزج محلولين من كبريتات النحاس وصودا الغسيل مع بعضهما ثم ترشيح الراسب الناتج وتجفيفه .

اسكب فى زجاجة ذات عنق ضيق ٢٠ ملل من محلول النشادر ذى التركيز ٢٥٪ (يفضل القيام بذلك تحت نافذة سحب الغازات أو فى الهواء الطلق) وأضف اليها ٢ غم من كربونات النحاس القاعدية ، اغلق الزجاجة بسدادة من المطاط وخض المزيج كى تحصل على سائل متجانس ذى لون أزرق غامق هو محلول النحاس والنشادر . ولهذا المحلول خاصة هامة جدا وهى أنه قادر على اذابة السليولوز .

اسكب المحلول الأزرق الغامق فى زجاجتين صغيرتين بعد أن تختار لكل منهما سدادة من المطاط ، ارم فى احدى الزجاجتين قطعا صغيرة من القطن بحيث يجب غلق الزجاجة بالسدادة وخض المحلول بعد اضافة كل قطعة ، ارم فى الزجاجة الثانية بالطريقة نفسها قطعا صغيرة من ورق نشاف أبيض أو ورق ترشيح . ويجب أن يتكون فى الحالتين محلول لزج يشبه العصير المحلى . ويمكن منه الحصول على السليولوز الذى يشكل أساس الخيوط . وللتأكد من ذلك ضع فى كأس زجاجى خلا مخففا وأضف اليه نقطة فنقطة من أحد المحلولين فتلاحظ أن ندفا من السليولوز قد ترسبت فى أسفل الكأس.

بيد أن الندف لا تصلح لصنع الخيوط . فكيف اذن يمكن الحصول على الخيوط من المحلول ؟ يحصل عليها ، كما فى المصانع ، بامرار المحلول خلال ثقب ضيق يقع فى محلول لحمض الكبريتيك الذى يقوم بتثبيت شكل الخيط .

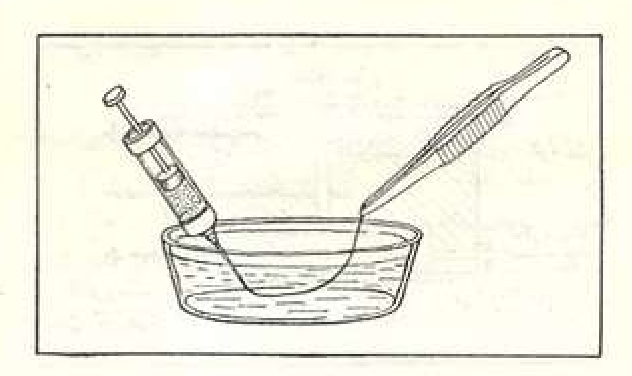
وللاطلاع على كيفية حدوث ذلك يمكن اجراء التجربة التالية :
خذ كأسا زجاجيا يحوى محلولا من حمض الكبريتيك تركيزه ١٠٪ ، نقط فيه من الماصة المحلول النحاسى النشادرى للقطن أو ورقة النشاف وستلاحظ كيف أن قسما من المحلول يهبط الى قعر الكأس تاركا وراءه خيطا لماعا . حاول أن تلتقط هذا الخيط بالملقط وأن تسحبه بحذر من الكأس . فتكون قد حصلت على خيط حقيقى من النحاس والنشادر . صحيح أن الخيط الناتج ليس مستقيما جدا ولكن يمكن اصلاح هذا العيب باجرائك للتجربة بمساعدة زميل لك حيث يقوم هو بتشكيل الخيط بينما تحاول أنت سحبه من المحلول .

أدخل ابرة محقنة طبية فى انبوب عريض من المطاط بحيث يلتصق بها جيدا ، املأ الانبوب بالمحلول المراد صنع الخيط منه واغمر الابرة فى مغطس يحتوى على حمض الكبريتيك . يجب أن يقف زميلك على استعداد وبيده الملقط : اذ ستحاول أنت ضغط المحلول فى الانبوب بينما سيحاول زميلك التقاط الخيط المتكون بالملقط وسحبه خلال المحلول الموجود فى المغطس .

ان هذه التجربة تنجح غالبا بعد تمرين بسيط عليها وحاول أن تلف الخيط الناتج على بكرة . ويمكن أن يستبدل الانبوب المطاطى هنا بمحقنة كبيرة .

تحضر الخيوط الفيسكوزية والأسيتاتية بالطريقة ذاتها ، ولكن قد تستعمل مذيبات أخرى للسليولوز الذى تبقى جزيئاته فى جميع الحالات متوضعة بحيث تشكل خيوطا موجهة ومستقيمة .

وبديهى أنك لن تستطيع نسج منديل من الخيط الذى حصلت



عليه ، والواقع أن هذا لم يكن هدفنا . فقد كان عنوان هذا الباب ، كما تذكر ، «الرؤية أفضل» وفعلا ، فقد شاهدت بأم عينيك كيف يتكون من ورقة عادية مذابة فى السائل الأزرق خيط حريرى جميل :

حارس كيميائى

وها قد وصلنا الى التجربة الأخيرة فى هذا الكتاب ، وهى أعقد وأصعب من التجارب السابقة لأنها تتطلب صنع جهاز صغير أطلقنا عليه اسم الحارس الكيميائى ولكن تسميته العلمية الأكثر دقة هى المحلول الالكترونى الكيميائى . وطبيعى أن تكون الأجهزة الكيميائية الالكترونية الحقيقية معقدة جدا . ومع ذلك ، فبامكانك أن تصنع نموذجا لواحد منها هو محلول الطاقة . ولكن ، يفضل أولا أن تتطلع على عمل هذه الأجهزة ، خاصة وأن المحلول الذى ستصنعه سيخدمك فى أغراض أخرى أيضا :

غشاء علوى
٣ر. – ٥ر. ملم
+
−
+
الكتروليت
Ø ٢ – ٣ ملم
غشاء سفلى
الكترودات من الغرافيت

حضر صندوقا اسطوانى الشكل من ألواح من الزجاج العضوى (البلاستيك الأكريلى) قطره ٤٠ ملم ويبلغ ارتفاعه حوالى ٢٠ ملم ، احفر على جانبى الاسطوانة «حفرتين» (جوفين) قطر الواحدة منهما ٣٠ ملم وعمقها حوالى ٥ ملم ، وبشرط أن يبقى بينهما فاصل سميك نوعا ما ، اثقب تحت الفاصل مباشرة ثقبا قطره ٣ ملم لسكب الالكتروليت فيه واصنع له سدادة متينة ، اثقب من الناحية المقابلة ثلاثة ثقوب الواحد فوق الآخر وقطر كل منها يزيد قليلا عن المليمتر وهى مخصصة للالكترودات . ويجب أن يقع الالكترود المركزى فى الفاصل ويقع الالكترودان العلوى والسفلى فى الحفرة الموافقة لكل منهما .

يستعمل غرافيت أقلام الرصاص كالكترودات هنا . ويجب أن تغطى أقسام الغرافيت الواقعة خارج الصندوق بصمغ لعزلها تماما . وبعد أن يجف الصمغ ، اثقب فى الفاصل ثقبا رفيعا جدا لا يزيد قطره عن ٠,٥ ملم ويجب أن يمر خلاله الالكترود الوسطى .

ولم يبق لاعداد الجهاز نهائيا الا أن يلصق فى أعلى الصندوق

وأسفله غشاء رقيق من الزجاج العضوى يتراوح سمكه بين ٠,٣ و ٠,٥ ملم . ويكفى الآن أن يلصق الغشاء السفلى .

والآن ننتقل الى الالكتروليت. أذب فى كأس زجاجى مملوء حتى نصفه بالماء ٢٠ أو ٣٠ غم من يوديد البوتاسيوم ثم سخن المحلول بلطف وأضف اليه حوالى ١ غم من اليود ، اسكب هذا الالكتروليت من خلال الثقب الجانبى الأعرض الى داخل الحفرة السفلى مع مراعاة عدم بقاء فقاعات من الهواء فيها ويفضل لتحقيق ذلك أن تجرى هذه العملية بواسطة محقنة طبية . وبعد امتلاء الحفرة العليا يلصق الغشاء الثانى ثم تغلق فتحة الصندوق هذه بسدادة محكمة تطلى بالصمغ لتثبيتها جيدا .

سيعمل هذا المحلول على بطارية لمصباح الجيب الكهربائى . اربط الالكترودين العلوى والسفلى بالقطب الموجب للبطارية واربط الالكترود المتوسط بالقطب السالب . ويفضل أن يضاف الى الدارة مقاوم متغير ومقياس للفولطية (فولطمتر) ومقياس لشدة التيار (أمبيرمتر) . اجعل الجهد بواسطة المقاوم المتغير يساوى ٠,٨ أو ٠,٩ فولط وسيدل عندئذ مقياس شدة التيار المرتبط بسلسلة الالكترود المركزى على تيار شدته من ٢٠٠ الى ٣٠٠ ميكروأمبير . اترك الدارة مغلقة لمدة خمس عشرة ساعة فينخفض التيار تدريجيا حتى يبلغ ١٠ — ٢٠ ميكروأمبير وهى الشدة اللازمة هنا . والآن أصبح المحلول جاهزا للعمل .

وأبسط طريقة للتحقق من كيفية عمله هى أن ينفخ على أحد الغشائين أو يلمس برأس ابرة فتنحرف ابرة مقياس شدة التيار فورا نحو اليمين . وهذا يعنى أن العين لا تستطيع ملاحظة اهتزاز الغشاء ولكن المحلول يتحسس بها فورا .

ولنوضح الآن لماذا يحدث ذلك : تتعلق شدة التيار بكمية اليود الواقعة بالقرب من الالكترود السالب ، أى الكاتود . فاليود يختزل على الكاتود بفعل التيار المستمر ولكنه يتكون مجددا من الايونات على الأنود ولهذا يبدو اليود وكأنه يحول من الكاتود الى الانود . وبعد شحن المحلول ينخفض التيار قليلا لأن كمية تتضاءل تدريجيا عند الالكترود السالب . ولكن ، ما أن يدفع الغشاء بحركة خفيفة حتى تصل الى الكاتود دفعة اضافية ، وان كانت صغيرة جدا ، من جزيئات اليود ، فيتحسس المحول بهذا التغير فورا ، ويزداد التيار عندئذ .

ان مثل هذه الأجهزة حساس جدا فبامكانها ، فى حال صنعها ، بدقة ، أن تتحسس ببضع جزيئات فقط . ويستفاد من حساسيتها عمليا وذلك عندما تكون الاشارة أو النبضة الكهربائية صعيفة جدا ويصعب تسجيلها بواسطة أجهزة أخرى . وهى تستعمل مثلا فى الأبحاث الطبية وتستخدم فى الصناعة كعدادات للقطع الصغيرة التى تتحرك على الناقل .

ولكن ، ألا يجوز استعمال مثل هذا المحلول فى البيت أو المدرسة ؟ طبعا ممكن . فلماذا اذن لا يحول الى جهاز ينبؤك بوصول الضيوف ؟ اذ يكفى لذلك أن يعلق على باب الشقة وسيتحسس حالما يلمس الضيف الباب . وطبيعى أن استعمال مثل هذا المحول للغرض المذكور أمر غير مريح تماما ، اذ يجب علينا أن ننظر طيلة الوقت الى مقياس شدة التيار ومراقبة لحظة انحراف ابرته . ولكن يمكن حل هذه المشكلة بأن تضاف الى المحول وحدة اشارة كالجرس او المصباح الكهربائى . حاول

أن تقوم بذلك بنفسك واذا لم تتمكن ، فاستعن بخبرة أستاذ الفيزياء .

ونشير هنا الى أن مثل هذا «الحارس» الكيميائى يستعمل فى حماية المبانى الهامة ، كالمصارف مثلا ، ولكنه هنا لا ينبأ بقدوم الضيوف ، وانما ينذر بالخطر .

وهكذا تكون قد وصلت الى الصفحة الأخيرة وقمت بآخر تجربة كيميائية .

ولكن مهلا ، فماذا يقصد بعبارة «آخر تجربة» ، اذ لم يكن هدفنا هنا أبدا تقديم عرض شامل لجميع التجارب الكيميائية الممكن اجراؤها وانما بقى الكثير منها خارج نطاق هذا الكتاب فالتجارب الكيميائية كثيرة جدا بحيث أن كتابا كهذا ، وحتى أكبر منه بكثير ، لا يمكنه استيعابها كلها . ولا شك أنك تستطيع الآن العثور على هذه التجارب فى المجلات والكتب العلمية والمدرسية ولنا وطيد الأمل بأن اجراء التجارب الكيميائية أصبح من الأمور المحببة لك .

ومن ناحية أخرى ، فانك قادر الآن على وضع التجارب الكيميائية بنفسك . وقد نهيناك عن ذلك فى بداية الكتاب لعدم توفر الخبرة لديك آنئذ . أما الآن ، فقد أتقنت جيدا العديد من الأساليب والوسائل التكنولوجية وتعرفت على الطرائق الآمنة فى العمل وتبقى جميع التحذيرات سارية المفعول وخاصة فيما يتعلق بسكب المحاليل واستعمال كميات كبيرة من المواد المتفاعلة وغيرها من الأخطاء التى يرتكبها عادة الكيميائيون المبتدئون . والناحية الهامة جدا هى أن تتوفر لديك فكرة واضحة عن سير التفاعل وعن الشروط التى يتم فيها . وهذا ما ستطلب

معرفة مسبقة بالنظرية الكيميائية يمكن أن تحصل عليها من كتاب الكيمياء المدرسى أو من أى مرجع علمى أو نشرة علمية أخرى . ولا تنس أن تتوجه بطلب النصيحة والمشورة من أستاذ الكيمياء أو الاستاذ المشرف على الأعمال المخبرية . وبعد ذلك كله يمكنك الشروع باجراء التجربة بدقة وهدوء .

وسنعتبر أن هذا الكتاب ليس مجموعة من المواعظ والارشادات موجهة الى الكيميائيين المبتدئين ، وانما هو تمهيد لعمل سيقومون به فى المستقبل . ويكون الهدف من هذا الكتاب قد تحقق ولم يذهب الجهد سدى اذا ساهمت هذه التجارب ، ولو بقسط بسيط ، فى تصميمك على أن تكرس نفسك لخدمة الكيمياء فى المستقبل .

المحتويات

أيها القارئ العزيز !

تصدر دار «مير» للطباعة والنشر مختلف الكتب العلمية والفنية المختارة من أفضل المراجع الجامعية وكذلك بعض الكتب العلمية المبسطة . وهذه الكتب تصدر باللغة العربية وغيرها من اللغات الأجنبية الأخرى .

ويسر الدار معرفة رأيكم في هذه الكتب ، وتكون شاكرة لكم لو أبديتم لها ملاحظاتكم حول مضمونها وترجمتها وتصميمها الفني .

عنواننا :
الاتحاد السوفييتي – موسكو ١١٠
بيرفي ريجسكي بيريولك ٢

دار «مير»

ان دار «مير» هي اكبر دور النشر السوفيتية التي تصدر الكتب المعربة من اللغة الروسية في مجالات العلم والهندسة والطب ، مساهمة بذلك في اغناء المكتبة العربية ورفدها بآخر ما توصل اليه العلم المعاصر . وستصدر دار «مير» قريبا الكتب التالية :

«الكيمياء العامة واللاعضوية» تاليف اخميتوف

يشرح هذا الكتاب المفاهيم العصرية لبنية المادة والرابطة الكيميائية اعتمادا على نظريتي الروابط التكافؤية والمدارات الجزيئية ويتطرق الى مواضيع في الترموديناميكا الكيميائية ثم يعرض الطرائق المطبقة في دراسة بناء المادة والعناصر وخواصها حسب تصنيفها في الجدول الدوري .

يعد الكتاب مرجعا مفيدا لمدرسي الكيمياء وطلبة الدراسات العليا وطلبة كليات الكيمياء في الجامعات والمعاهد العليا .

«مسائل وتجارب فى الكيمياء اللاعضوية» تاليف أخميتوف وآخرين

يتميز هذا الكتاب بانه يجمع بين المسائل النظرية والعملية ، اذ يعرض التجربة وكانها دراسة علمية مستقلة تبدا بسرد المهمة المرجوة منها ويليها تحليل نظرى لمراحلها ثم تنتهى باثبات تجريبى . ويستعين المؤلفون اثناء شرحهم بالمفاهيم البنيوية الحديثة والقوانين الترموديناميكية ومبادىء سير التفاعلات الكيميائية .

والكتاب مرفق بحلول لأهم المسائل الواردة فيه ، لذا سيكون مرجعا مفيدا لمدرسى الكيمياء والطلبة فى الجامعات والمدارس الثانوية .

«القانون العظيم» فى الكيمياء تاليف بتريانوف وتريفونوف

القانون العظيم فى الكيمياء هو قانون التصنيف الدورى للعناصر الذى اكتشفه العالم مندلييف . كتابنا هذا يتحدث باسلوب ممتع عن قصة اكتشاف القانون الدورى ، اذ يستعرض نبذة موجزة عن اهم الأحداث العلمية التى مهدت لهذا الاكتشاف ، وكيف تحققت تنبؤات مندلييف بهذا الخصوص ويعطى وصفا شيقا لمسيرة القانون الطويلة فى تحديه للعقبات والمحن التى جابهته ، بعد ذلك يدرس الكتاب علاقة القانون الدورى ببناء الذرة وكيفية احداث العناصر الاصطناعية وعناصر ما بعد اليورانيوم ويتحدث عن دور الحاسبات الالكترونية فى الكيمياء المعاصرة وكيمياء المستقبل .

الكتاب مخصص لمحبى المعرفة بشكل عام ولهواة الكيمياء بشكل خاص .